



## Ordem de grandeza

Quando não há necessidade ou interesse em se conhecer com precisão o valor de uma grandeza, é suficiente conhecer a potência de 10 que mais se aproxima de seu valor, ou seja, sua **ordem de grandeza**. O símbolo matemático para representar a ordem de grandeza é  $\sim$ .

Neste sítio você pode viajar pelo Universo e seus componentes de acordo com a ordem de grandeza do tamanho:

<https://htwins.net/scale2/> [acesso em 26.05.2020].

Observe com atenção os exemplos dados a seguir.

- a) massa da Terra:  $m_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$   
 ordem de grandeza da massa da Terra:  $m_T \sim 10^{25} \text{ kg}$
- b) raio equatorial médio da Terra:  $R = 6\,400\,000 \text{ m} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$   
 ordem de grandeza do raio equatorial médio da Terra:  $R \sim 10^7 \text{ m}$
- c) massa do átomo de hidrogênio:  $m_H = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$   
 ordem de grandeza da massa do átomo de hidrogênio:  $m_H \sim 10^{-27} \text{ kg}$
- d) diâmetro médio de um vírus influenza:  $D = 0,000000109 = 1,09 \cdot 10^{-7} \text{ m}$   
 ordem de grandeza do diâmetro médio de um vírus influenza :  $D \sim 10^{-7} \text{ m}$

A ordem de grandeza é uma estimativa que você faz utilizando a potência de 10, ou seja, um múltiplo de 10.

Nos exemplos acima, vemos que

$m_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  está entre  $10^{24}$  e  $10^{25} \text{ kg}$   
 como 5,97 está mais próximo de 10,  
 temos que  $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \sim 10 \cdot 10^{24} \text{ kg} = \mathbf{10^{25} \text{ kg}}$ .

$m_H = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  está entre  $10^{-27}$  e  $10^{-26} \text{ kg}$   
 como 1,67 está mais próximo de 1 =  $10^0$ ,  
 temos que  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \sim 1 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \mathbf{10^{-27} \text{ kg}}$ .

O raciocínio desenvolvido para estimar a ordem de grandeza do raio equatorial médio da Terra e do diâmetro médio do corona vírus foi semelhante. Desvende-o!

Resumindo, na linguagem matemática, se  $N = a \cdot 10^b$  onde  $1 \leq a$ , a ordem de grandeza de N será

$$N \sim 10^b, \text{ se } a \cong 1 \quad \text{ou} \quad N \sim 10^{b+1}$$

Você pode encontrar a ordem de grandeza de uma medida por meio de uma estimativa, como na situação proposta. Sem realizar uma medida precisa, qual a ordem de grandeza do comprimento de uma caneta esferográfica?

Use a imaginação. Visualize uma régua comum e uma caneta. Qual a potência de 10 mais próxima?

$$0,1 \text{ cm} = 10^{-1} \text{ cm}, \quad 1 \text{ cm} = 10^0 \text{ cm} \quad \text{ou} \quad 10 \text{ cm} = 10^1 \text{ cm}$$

Você acertou se estimou 10 cm. Observe que medindo o comprimento L de uma caneta esferográfica *Bic cristal*, temos  $L = 14,9 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ .

Há autores que fornecem uma regra para determinar a ordem de grandeza. Isto é desnecessário, basta utilizar a capacidade de estimar o valor da potência de 10 mais próxima.

### Exercícios

1. Estime a ordem de grandeza da sua altura (h), do comprimento da sua mão (Lm), e do comprimento do seu pé (Lp).
2. Estime a ordem de grandeza da altura de um ser humano.
3. Estime a ordem de grandeza do comprimento de alguns objetos de casa.
  - a) Talheres: garfo, faca, colher de sopa, colher de chá.
  - b) Vassoura, rodo, balde.
  - c) Mesa, cadeira, poltrona, cama.
  - d) Caneta, lápis, mouse de mesa.

4. A partir dos resultados anteriores, observe que a ordem de grandeza da altura de um ser humano e dos objetos de casa como cama, mesa etc são todos da ordem de 1 m.  
No planeta Grandebigui a ordem de grandeza da altura de seus habitantes é de 10 m. Dos valores estimados para os terráqueos no exercício anterior, estime a ordem de grandeza dos móveis e dos talheres.
5. Determine a ordem de grandeza dos raios médios diâmetros equatoriais dos astros do sistema solar.

Tabela 1

<i>Astro</i>	<i>Raio médio equatorial (km)</i>	<i>Ordem de grandeza do raio médio equatorial (km)</i>
Sol	695 000	
Mercúrio	2 439,7	
Vênus	6 051,8	
Terra	6 378,14	
Marte	3 397,2	
Júpiter	71 492	
Saturno	60 268	
Urano	25 559	
Netuno	24 746	
Plutão	1 160	

Dados disponíveis em <http://astro.if.ufrgs.br/ssolar.htm> [acesso em 26.05.2020].

6. Observe os dados da tabela 1. Quais planetas possuem o tamanho de mesma ordem de grandeza?

### 7. Comparando grandezas

Quando lemos que a massa do Sol é  $1,99 \times 10^{30}$  kg, isoladamente, muitas vezes não temos noção do que isso significa em relação à Terra, por exemplo. Para comparar a massa de ambos, calculamos a razão entre massa do Sol e a massa da Terra, determinando quantas vezes a massa do Sol é maior que a da Terra.

*Exemplo:*

$$M_{\text{Sol}} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg} \quad \frac{M_{\text{Sol}}}{M_{\text{Terra}}} \sim \frac{10^{30}}{10^{25}} = 10^5$$

$$M_{\text{Terra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

Esse resultado significa que a massa do Sol é da ordem de  $10^5$  vezes maior que a da Terra.

Comparamos duas grandezas encontrando o valor da razão entre elas.

Complete as lacunas com o valor correto. Apresente o raciocínio efetuado, utilizando potência de 10.

- O raio médio equatorial do Sol é da ordem de \_\_\_\_\_ vezes maior que o da Terra.
- O raio médio equatorial da Terra é \_\_\_\_\_ vezes maior que o de Marte.
- O maior planeta do sistema solar é da ordem de \_\_\_\_\_ vezes menor que o Sol.
- O raio médio equatorial da Lua é  $1,74 \cdot 10^6$  m. Portanto, o raio equatorial médio da Lua é \_\_\_\_\_ vezes menor que o da Terra.

**8.** A pandemia da COVID-19 trouxe na mídia informações relacionadas ao chamaremos de “escala de vida”. Na tabela 2, listamos células e suas organelas, vírus etc com dados das dimensões reais, disponível em <https://www.exploratorium.edu/snacks/life-size> [acesso 20.04.2020].

a) Estime a ordem de grandeza dos itens tabelados.

*Dados:* 1 milímetro = 1 mm =  $10^{-3}$  m

1 micrometro = 1  $\mu\text{m}$  =  $10^{-6}$  m

1 nanometro = 1 nm =  $10^{-9}$  m

*Obs.:* micrometro ou micrômetro; nanometro ou nanômetro estão gramaticamente corretos.

*Tabela 2 - Dados das dimensões reais de células e suas organelas, vírus etc*

<i>Item</i>	<i>Valor</i>	<i>Ordem de grandeza</i>
DNA (diâmetro de uma fita simples)	2 nm	
proteína	5 a 50 nm	
vírus	20 a 100 nm	
máscara N95 - diâmetro do poro	300 nm	
gota de secreção nasal	0,5 a 12 $\mu\text{m}$	

bactéria	1 a 5 $\mu\text{m}$	
célula humana	10 a 100 $\mu\text{m}$	
formiga	5 mm	

Fonte: <https://www.exploratorium.edu/snacks/life-size> [acesso 20.04.2020].

- b) Vírus da família Coronaviridae causam uma variedade de doenças no homem e nos animais, especialmente no trato respiratório. As partículas virais são esféricas, com cerca de 125 nm de diâmetro... Gruber, Arthur. Disponível em <https://jornal.usp.br/artigos/covid2-o-que-se-sabe-sobre-a-origem-da-doenca/> [acesso em 26.05.2020].

b1) Estime quantos novos corona vírus podem se alinhar ao longo de uma gota de secreção nasal de 10  $\mu\text{m}$  e ao longo de uma célula humana de 100  $\mu\text{m}$ . Considere ambos são esféricos.

b2) O diâmetro do poro da máscara N95 é capaz de bloquear um novo corona vírus? E uma gota de secreção nasal?

- c) Desenhe a representação em escala de tamanho o novo corona vírus, uma bactéria, uma célula humana e a espessura de um fio de cabelo ( ~ 100 micrometros de diâmetro ). Você pode se inspirar no interativo de escala com objetos conhecidos, células, organelas, vírus etc, disponível em <https://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/> [acesso 20.04.2020].

9. A partir dos dados do *Worldometer – Estatísticas do mundo em tempo real*, disponível em <https://www.worldometers.info/br/> [acesso em 26.05.2020], estime a ordem de grandeza dos itens listados.

<i>Item</i>	<i>Valor dado em</i> ___/___/___	<i>Ordem de grandeza</i>
População mundial		
Perda de florestas este ano (hectares)		
Emissões de CO <sub>2</sub> este ano (toneladas)		
Energia usada no mundo		

hoje (MWh)		
Energia usada no mundo hoje de fontes não-renováveis (MWh)		
Energia usada no mundo hoje de fontes renováveis (MWh)		
Energia solar atingindo a Terra hoje (MWh)		
Petróleo extraído hoje (barris)		
Petróleo restante (barris)		
Dias para o fim do petróleo		

**10.** Reescreva as grandezas em notação científica e a ordem de grandeza no Sistema Internacional.

Exemplo: fezes do açúcar =  $17 \mu\text{m} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m} \sim 10^{-6} \text{ m}$   
 As fezes do açúcar é da ordem de  $10^{-6} \text{ m}$ .

- Espessura de um fio de teia de aranha =  $7 \mu\text{m} =$
- Dimensão característica dos chips da Intel (em 2006) =  $65 \text{ nm} =$
- Distância da órbita da Lua a Terra =  $384.000 \text{ km} = 384 \text{ Mm} =$
- Altura da mais alta montanha conhecida no sistema solar, Monte Olympus em Marte =  $25 \text{ km} =$
- Diâmetro do Sol =  $1.390.000 \text{ km} = 1,39 \text{ Gm} =$
- $25 \text{ pm}$  raio atômico do hidrogênio =

**11.** É quase como jogar sujeira para debaixo do tapete. Como o Brasil tem lugar de sobra em seu subsolo para enterrar gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) - 2 trilhões de toneladas, segundo uma estimativa-, por que não dar uma mão para amenizar o aquecimento global? Neste ano, a Petrobrás começa a sequestrar carbono e depositá-lo em áreas já usadas para a extração de petróleo. Há duas décadas, pelo menos, as empresas de petróleo injetam gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) em alguns de seus poços porque isso ajuda a retirar o restinho de combustível do subsolo. Como o  $\text{CO}_2$  produzido pela queima desse mesmo petróleo virou um problemão ambiental, a prática ganhou uma nova função.

Segundo o IPCC, o painel do clima das Nações Unidas, será preciso sumir com 25 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano até 2050. E o enterro de carbono pode ajudar: segundo o IPCC, a tecnologia tem o potencial de eliminar pelo menos 21% disso nesse período.

O plano das empresas de petróleo tem várias fases. O carbono que seria emitido para a atmosfera nas refinarias é capturado por uma chaminé. O gás então é injetado no subsolo, onde ele ficará guardado por milhões de anos - segundo os técnicos. (...) No Brasil serão feitas, no segundo semestre, injeções em larga escala de carbono em terra, na Bahia, e sob o mar, na bacia de Campos. A Petrobrás, afirma Cunha, espera chegar a 2014 com um armazenamento de CO<sub>2</sub> da ordem de 10 milhões de toneladas por ano.

Adaptado do Jornal Folha de São Paulo – Ciência – 20.01.2008

a) Escreva os valores abaixo em notação científica nas unidades de medida especificadas. (1 t = 10<sup>3</sup> kg)

10 milhões de toneladas = \_\_\_\_\_ t = \_\_\_\_\_ kg

25 bilhões de toneladas = \_\_\_\_\_ t = \_\_\_\_\_ kg

2 trilhões de toneladas = \_\_\_\_\_ t = \_\_\_\_\_ kg

b) Estime a massa de CO<sub>2</sub> que deve ser enterrada até 2050, , nas unidades do Sistema Internacional (SI). Considere como data inicial, o ano corrente.

c) Se a Petrobrás mantiver a taxa de armazenamento de CO<sub>2</sub> da ordem de 10 milhões de toneladas por ano, em quantos anos, o Brasil terá esgotado sua capacidade de enterrar CO<sub>2</sub>?

d) O Brasil tem capacidade para armazenar em seu subsolo, toda quantidade de CO<sub>2</sub> necessária para diminuir o aquecimento global até 2050. Se a Petrobrás mantiver a taxa de armazenamento de CO<sub>2</sub> da ordem de 10 milhões de toneladas por ano, isso ocorreria em cerca de quantos anos?

**12.**A Poliomielite, também chamada de pólio ou paralisia infantil, é uma doença contagiosa aguda causada pelo poliovírus, que pode infectar crianças e adultos por meio do contato direto com fezes ou com secreções eliminadas pela boca das pessoas doentes e provocar ou não paralisia. Nos casos graves, em que acontecem as paralisias musculares, os membros inferiores são os mais atingidos. A vacinação é a única forma de prevenção. Todas as crianças menores de cinco anos devem ser vacinadas conforme esquema de vacinação de rotina e na

campanha nacional anual. Como resultado da intensificação da vacinação, no Brasil não há circulação de poliovírus selvagem (da poliomielite) desde 1990.

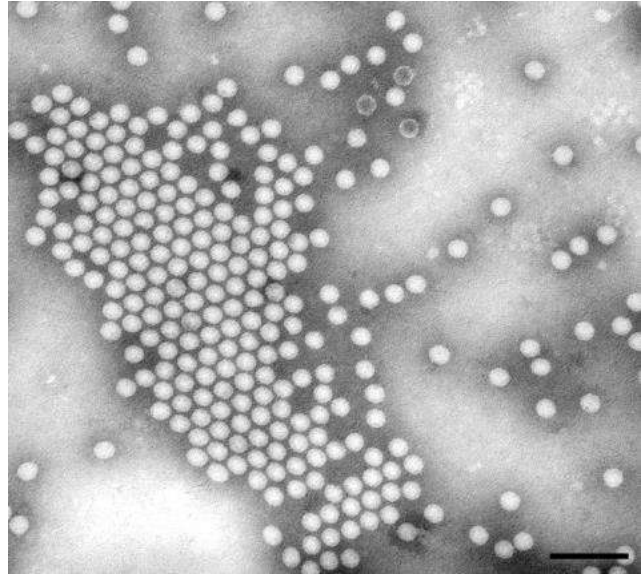
Adaptado de: Ministério da Saúde, disponível em <https://saude.gov.br/saude-de-a-z/poliomielite> [acesso em 19.05.2020].

A figura ao lado é uma imagem negativa de poliovírus. A barra de escala no canto direito da imagem possui, 100 nm com ampliação de 100 000 vezes.

Estime a ordem de grandeza do poliovírus.

Utilize a barra de escala como referência.

Dado: 1 nanometro = 1 nm =  $10^{-9}$ m.



Crédito da imagem: cortesia de Joseph Esposito, CDC. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC272359/> [acesso em 19.05.2020].

- 13. (UFG)** “Pois há menos peixinhos a nadar no mar  
Do que os beijinhos que eu darei na sua boca”  
Vinicius de Moraes

Supondo que o volume total de água nos oceanos seja de cerca de um bilhão de quilômetros cúbicos e que haja em média um peixe em cada cubo de água de 100 m de aresta, o número de beijos que o poeta beijoqueiro teria que dar em sua namorada, para não faltar com a verdade, seria da ordem de

- a)  $10^{10}$
- b)  $10^{12}$
- c)  $10^{14}$
- d)  $10^{16}$
- e)  $10^{18}$



- 14.**(UFPE) Em um hotel com 200 apartamentos o consumo médio de água por apartamento é de 100 litros por dia. Qual a ordem de grandeza do volume que deve ter o reservatório do hotel, em metros cúbicos, para abastecer todos os apartamentos durante um dia? Dado:  $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$ .
- a)  $10^1$
  - b)  $10^2$
  - c)  $10^3$
  - d)  $10^4$
  - e)  $10^5$
- 15.**(UFPE) Em um bairro com 2500 casas, o consumo médio diário de água por casa é de 1000 litros. O volume que a caixa d'água do bairro deve ter, em  $\text{m}^3$  ( $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$ ), para abastecer todas as casas por um dia, sem faltar água é da ordem de:
- a)  $10^3$
  - b)  $10^4$
  - c)  $10^5$
  - d)  $10^6$
  - e)  $10^7$
- 16.**(CESGRANRIO) Alguns experimentos realizados por virologistas demonstram que um bacteriófago (vírus que parasita e se multiplica no interior de uma bactéria) é capaz de formar 100 novos vírus em apenas 30 minutos. Se introduzirmos 1000 bacteriófagos em uma colônia suficientemente grande de bactérias, o número de vírus existentes após 2 horas é da ordem de
- a)  $10^7$
  - b)  $10^8$
  - c)  $10^9$
  - d)  $10^{10}$
  - e)  $10^{11}$