O que é Física?

Ciência que descreve os fenômenos naturais.

Para isso, precisamos de conceitos relacionando diferentes grandezas que podem ser medidas.

(Posição, velocidade, massa, etc.)

Um sistema de unidades universal se faz necessário: “The International System of Units (SI)”

O sistema internacional de unidades

7 grandezas fundamentais relacionadas a 7 constantes fundamentais da natureza.
tempo, comprimento, massa, temperatura, corrente elétrica, quantidade de uma substância, luminosidade
Qualquer outra grandeza física é derivada dessas primárias (Ex: velocidade, área, força, etc.)

Constante	Símbolo	Valor numérico	Unidade
Frequência da transição hiperfina do ^{133}Cs	$\Delta\nu_{\mathrm{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
Rapidez da luz no vácuo	c	299 792 458	m s^{-1}
Constante de Planck	h	6.626 070 15 * 10^{-34}	J s
Carga elementar	e	1.602 176 634 * 10^{-19}	C
Constante de Boltzmann	k	1.380 649 * 10^{-23}	J K^{-1}
Constante de Avogadro	N_A	6.022 140 76 * 10^{23}	mol^{-1}
Eficácia luminosa da radiação de 540 THz	K_{cd}	683	lm W^{-1}

Vide também:

https://www.bipm.org/en/measurement-units/
https://www.nist.gov/pml/weights-and-measures/metric-si/si-units

O sistema internacional de unidades

7 grandezas fundamentais relacionadas a 7 constantes fundamentais da natureza.
tempo, comprimento, massa, temperatura, corrente elétrica, quantidade de uma substância, luminosidade
Qualquer outra grandeza física é derivada dessas primárias (Ex: velocidade, área, força, etc.)

Grandeza	Unidade	Símbolo
Tempo	segundo	s
Comprimento	metro	m
Massa	kilograma	kg
Temperatura	kelvin	K
Corrente elétrica	ampère	A
Quantidade de uma substância	mole	mol
Luminosidade	candela	cd

Vide também:

https://www.bipm.org/en/measurement-units/
https://www.nist.gov/pml/weights-and-measures/metric-si/si-units

O sistema internacional de unidades

7 grandezas fundamentais relacionadas a 7 constantes fundamentais da natureza.
tempo, comprimento, massa, temperatura, corrente elétrica, quantidade de uma substância, luminosidade
Qualquer outra grandeza física é derivada dessas primárias (Ex: velocidade, área, força, etc.)

Como usar na prática?

1 s = duração de tempo para que ocorram 9 192 631 770 oscilações consecutivas da radiação emitida quando da transição entre os dois níveis hiperfinos do átomo de ^{133}Cs não perturbado.
$= 9\,192\,631\,770 / \Delta\nu_{\mathrm{Cs}}$

1 m = espaço percorrido pela luz no vácuo em (1 / 299 792 458) segundos
$= (c / 299\,792\,458)\ \mathrm{s} = 30.663\,319\ c / \Delta\nu_{\mathrm{Cs}}$

1 kg $= 1.475\,5214 \times 10^{40}\ h\ \Delta\nu_{\mathrm{Cs}}\ / c^2$
(balança de Kibble envolvendo o efeito Hall quântico (corrente elétrica) e o efeito Josephson (voltagem))

Vide também:
https://www.bipm.org/en/measurement-units/
https://www.nist.gov/pml/weights-and-measures/metric-si/si-units

Manipulações com as grandezas físicas

Operações matemáticas serão realizadas com as quantidades medidas.

Ex: Soma, multiplicação, operações vetorias, etc.

Note que,

não faz sentido somar grandezas físicas distintas de dimensões (unidades) distintas

Ex: $3s + 1$ m não tem sentido físico

multiplicação de unidades dão origem a outras unidades (unidades derivadas)

Ex: $1\ \text{kg} \times 1\ \text{m} / 1\ \text{s}^2 = 1\ \text{N}$

não faz sentido exponenciar grandezas físicas dimensionais, apenas admensionais

Ex: exp(1 m) também não faz sentido. Mas $\cos(3\text{m} / 2\ \text{cm}) = \cos(150)$ faz sentido

Manipulações com as grandezas físicas

Grandezas vetoriais: possuem direção e magnitude

$$\vec{R} \equiv \mathbf{R} \equiv (x, y, z) \equiv x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z} \equiv x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k} \equiv x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

$$\vec{R}_A = (x_A, y_A, z_A)$$

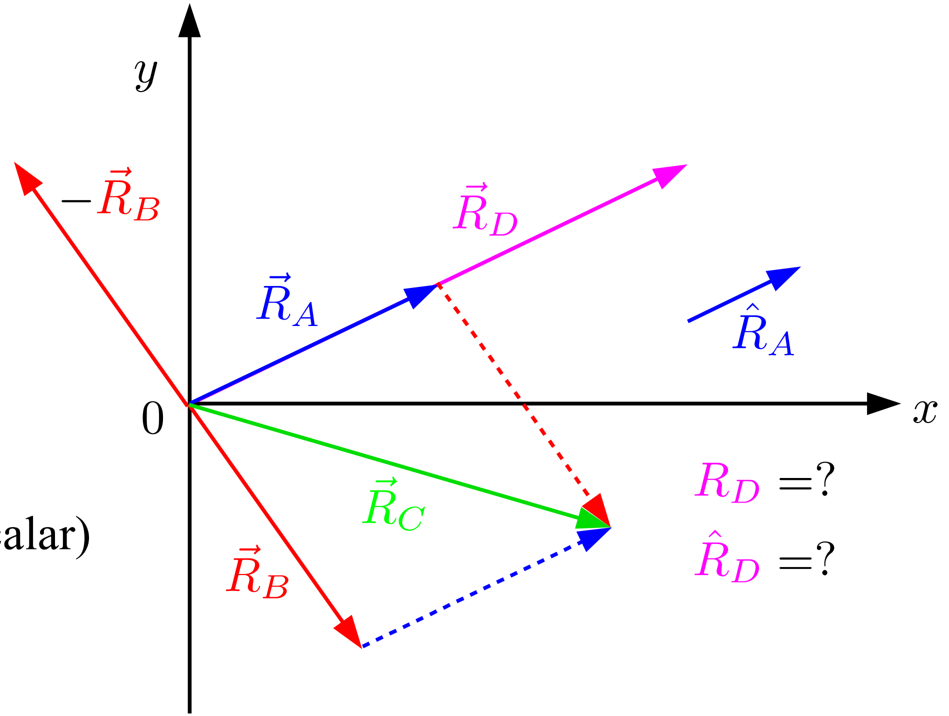
$$\mathbf{R}_B = x_B\hat{x} + y_B\hat{y} + z_B\hat{z}$$

$$\mathbf{R}_C = \mathbf{R}_A + \mathbf{R}_B = (x_A + x_B, y_A + y_B, z_A + z_B)$$

$$\vec{R}_D = 2\vec{R}_A = (2x_A, 2y_A, 2z_A)$$

Magnitude: $R_A = |\vec{R}_A| = \sqrt{x_A^2 + y_A^2 + z_A^2}$ (escalar)

Direção (versor): $\hat{R}_A = \vec{R}_A / R_A \Rightarrow \vec{R}_A = R_A \hat{R}_A$



$R_D = ?$

$\hat{R}_D = ?$

Manipulações com as grandezas físicas

Grandezas vetoriais: possuem direção e magnitude

Ex: $\vec{v} = (3, 4)\mathrm{m/s}$

$$v = \sqrt{(3\mathrm{m/s})^2 + (4\mathrm{m/s})^2} = 5\mathrm{m/s}$$

$$\hat{v} = \frac{3}{\sqrt{5}}\hat{x} + \frac{4}{\sqrt{5}}\hat{y} \qquad \text{(adimensional)}$$

$$t = 2\mathrm{s}$$

$$\vec{r} = \vec{v}t = (6, 8)\mathrm{m} \equiv (6\mathrm{m}, 8\mathrm{m})$$

$$r = \sqrt{(6\mathrm{m})^2 + (8\mathrm{m})^2} = 10\mathrm{m}$$

$$\hat{r} = \hat{v}$$

Ex: $\mathbf{R}_i = x_i\hat{x} + y_i\hat{y} + z_i\hat{z}$

Produto escalar: $\mathbf{R}_1 \cdot \mathbf{R}_2 = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$ (escalar)

Produto vetorial:

$$\mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2 = (y_1z_2 - z_1y_2)\hat{x} + (z_1x_2 - x_1z_2)\hat{y} + (x_1y_2 - y_1x_2)\hat{z}$$

(pseudo-vetor)

$$\hat{x}\cdot\hat{x} = \hat{y}\cdot\hat{y} = \hat{z}\cdot\hat{z} = 1$$

$$\hat{x}\cdot\hat{y} = \hat{x}\cdot\hat{z} = \hat{y}\cdot\hat{z} = 0$$

$$\hat{x}\times\hat{x} = \hat{y}\times\hat{y} = \hat{z}\times\hat{z} = 0$$

$$\hat{x}\times\hat{y} = -\hat{y}\times\hat{x} = \hat{z}$$

$$\hat{y}\times\hat{z} = -\hat{z}\times\hat{y} = \hat{x}$$

$$\hat{z}\times\hat{x} = -\hat{x}\times\hat{z} = \hat{y}$$

Análise dimensional

Análise dimensional é uma importante e poderosa ferramente em ciência. Com ela, podemos rapidamente concluir sobre escalas e leis preditas por uma determinada teoria, bom como checar a consistência de determinados resultados.

Ex: Usando a lei da gravitação de Newton e análise dimensional, deduza a 3ª lei de Kepler. (Admita que o período da órbita de um planeta depende apenas da massa do sol, do raio da órbita e da constante da gravitação universal G).

R: $\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}, \Rightarrow \; [G] = \frac{\text{comprimento}^3}{\text{massa} \times \text{tempo}^2}$ $\quad [M_S] = \text{massa} \quad [R] = \text{comprimento}$

Como combinar G, M_S e R para obter uma escala de tempo? Só há uma combinação possível:

$$T \propto \sqrt{\frac{R^3}{GM_S}}, \Rightarrow \boxed{\frac{T^2}{R^3} \propto \frac{1}{GM_S}}$$

Resolvendo as Eqs. de Newton, $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$

o fator $4\pi^2$ não pode ser obtido por análise dimensional.

O símbolo $\propto$ significa "proporcional a".

Incertezas e algarismos significativos

A medida de qualquer grandeza em ciência está sujeita a uma incerteza.

O resultado de uma medição sem sua incerteza não faz sentido, pois impossibilita a verificação teórica e experimental do resultado.

Ex: $\vec{v} = (3.0 \pm 0.3, 41 \pm 2, 101 \pm 1)\mathrm{m/s}$ (velocidade de um objeto)

$L = 1.472 \pm 0.005\,\mathrm{m}$ (altura de uma pessoa)

Obs.: L=1.472 m (sem a incerteza) = 1 472 000 000 nm. Não faz sentido para a altura de uma pessoa.

Obs.: Medir ou calcular que a massa de uma pessoa é 73.547 929 898 652 kg não faz sentido.

Convenção: Quando uma medida é expressa sem sua incerteza, diz-se que a imprecisão está no último algarismo significativo.

Ex: L=2.5 m (2 algarismos significativos) equivale a L=2.5±0.5 m

L=2.50 m (3 algarismos significativos) equivale a L=2.50±0.05 m

L=0.0025 km (2 algarismos significativos) equivale a L=2.5±0.5 m (como no 1º exemplo)

Operações com algarismos significativos

Qual é a área de uma mesa redonda de raio 2.00 m?

Resposta errada: $A = \pi(2.00\,\mathrm{m})^2 = 12.5663706\,\mathrm{m}^2$

Lembre-se que 2.00 m equivale a 2.00±0.05 m. Logo,

$$A_{\mathrm{max}} = \pi(2.05\,\mathrm{m})^2 = 13.202543\,\mathrm{m}^2$$
$$A_{\mathrm{min}} = \pi(1.95\,\mathrm{m})^2 = 11.945906\,\mathrm{m}^2$$

pela convenção

Podemos então dizer que

$$A = \frac{A_{\mathrm{max}} + A_{\mathrm{min}}}{2} \rightarrow 12.574225 \pm 0.628319\,\mathrm{m}^2 \equiv 12.6 \pm 0.6\,\mathrm{m}^2 \equiv 12.6\,\mathrm{m}^2$$

(3 algarismos significativos)

não faz sentido tanta
“precisão” na incerteza

Operações com algarismos significativos

Qual o perímetro de um retângulo de lados 5.0 m e 2.531 m?

Resposta errada: $P = 2(5.0\,\mathrm{m} + 2.531\,\mathrm{m}) = 15.062\,\mathrm{m}$

Note que o perímetro não pode ser calculado com precisão menor do que $2{\times}0.5$ m $=1$ m.

Logo,

$P = 15 \pm 1\,\mathrm{m} \equiv 15\,\mathrm{m} = 1.5\,\mathrm{dam}$ (2 algarismos significativos)

pela convenção

Note que 1 dam também é aceitável

Operações com algarismos significativos

Existe uma regra simples para determinar o número de algarismos significativos quando de uma operação?

R: Sim.

Para multiplicação (ou divisão), a resposta é bastante simples. O número de A.S. é igual ao menor número de A.S. dentre os números sendo multiplicados (ou divididos).

Ex: $5.9 \times 220.214 = 1.3 \times 10^3$.

(2 A.S.) (6 A.S.) (2 A.S.)

Operações com algarismos significativos

Existe uma regra simples para determinar o número de algarismos significativos quando de uma operação?

R: Sim.

Para adição (ou subtração), a resposta requer que a operação seja feita em notação científica do maior número. O número de algarismos após a vírgula será igual ao número de algarismos após a vírgula da parcela que tem o menor número de algarismos após a vírgula.

Ex: $5.9+220.214 = (0.059+2.20214)\times 10^2 = 2.261\times 10^2$.

(3 AaV) (5 AaV) (3 Algarismos após a Vírgula)

(2 A.S.) (6 A.S.) (2 A.S.) (4 A.S.)

(1 AaV) (9 AaV) (1 AaV)

Ex: $5.9+0.000220214 = 5.9$.

Ordens de grandeza

Em muitos casos, é interessante saber apenas as ordens de grandez de determinadas quantidades.

Ex: Quantos segundos há em 1 ano?

$$1 \text{ ano} = 365 \text{ dias}$$

$$1 \text{ dia} = 24{\times}3600 \text{ s} \sim 8.6{\times}10^4 \text{ s} \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ ano} \sim 32{\times}10^6 \text{ s} = 32 \text{ Ms.}$$

Ex: Quanto metros há em 1 ano-luz?

$$1 \text{ ano-luz} \sim 3{\times}10^5 \text{ km/s} * 1 \text{ ano} \sim 9{\times}10^{12} \text{ km} = 9{\times}10^{15} \text{ m} = 9 \text{ Pm.}$$

Aqui, o símbolo $\sim$ significa “da ordem de”.

Ordens de grandeza

Qual a espessura da banda de rodagem gasta por um pneu de carro por quilômetro rodado?

R: Estimativa da banda de rodagem útil: $\sim$ 1 cm (1 mm é mt pouco, 10 cm é exagero).

Os pneus devem ser trocados a cada 60 000 km.

Logo,

$$1 \text{ cm de desgaste} \ / \ 6\times10^4 \text{ km rodados} \sim 0.2\ \mu\text{m gastos/km rodado}$$

Ordens de grandeza

Um determinado líquido é vendido $\sim$ R\$ 3.00/litro. Em um certo dia, a temperatura aumentou de 18 °C para 28 °C. Sendo o coeficiente de dilatação volumétrico do líquido $\sim 1.00\times10^{-3}$ K^{-1}, e que 100 mil litros do líquido são vendidos na temperatura mais alta, quanto é o lucro do vendedor por causa da dilatação térmica?

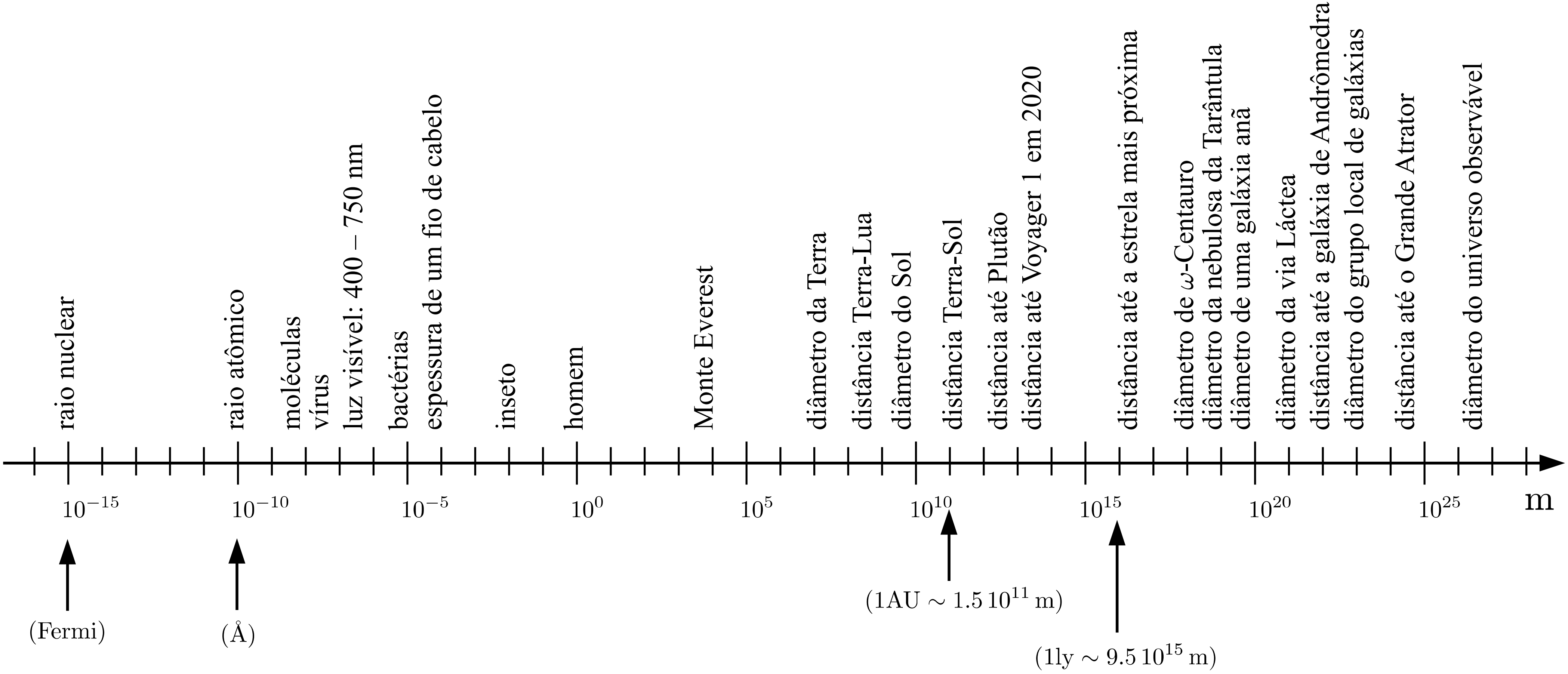
R: 10^5 l em 28 °C correspondem a $10^5 \text{ l}\times(1\text{-}10^{-3} \text{ K}^{-1} \times 10 \text{ K}) = 10^5 \text{ l}\times(1\text{-}10^{-2})$ em 18 °C.

Ou seja, 10^3 l foram vendidos a mais por conta da dilatação térmica.
O lucro correspondente é

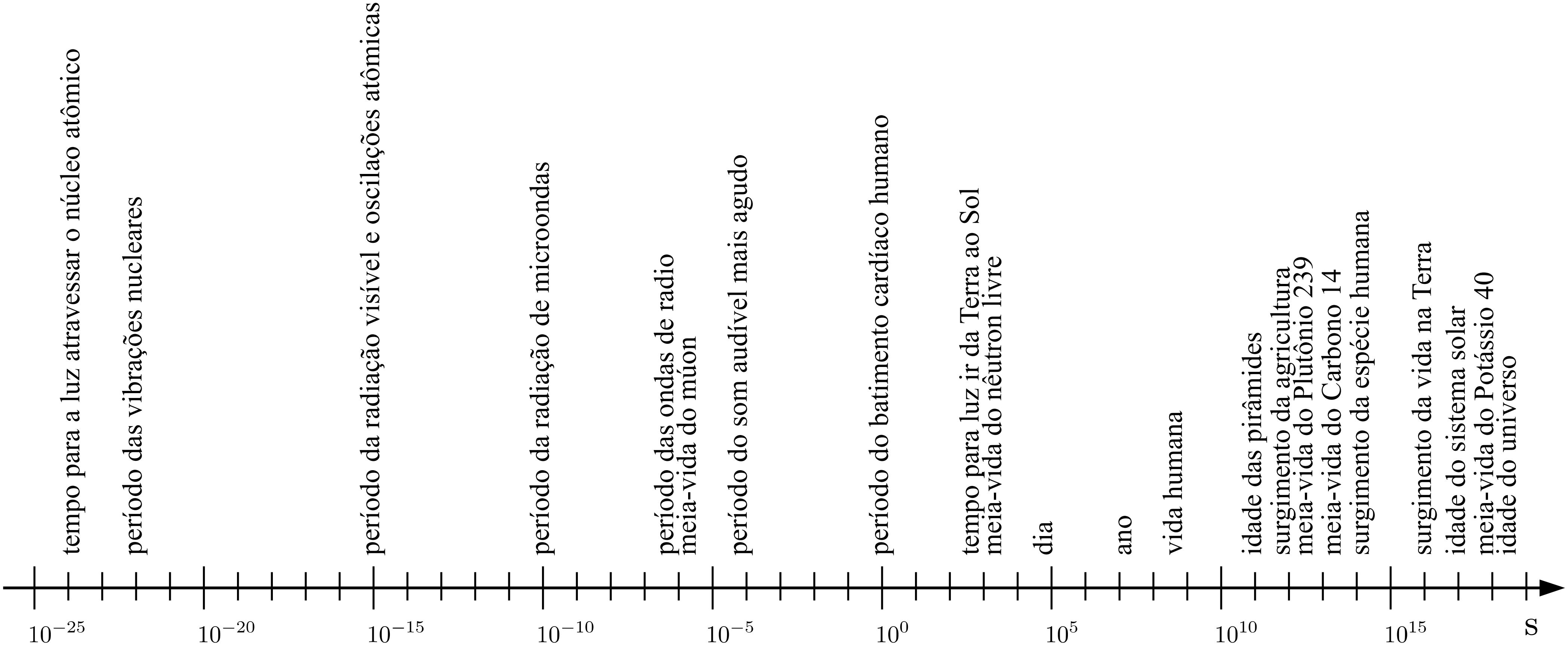
$\sim$ R\$ 3 000.

(OBS.: Os agentes governamentais deveriam taxar corretamente este montante.)

Escalas do universo (espaço)



Escalas do universo (tempo)



Escalas do universo (massa)