

The background features a light gray gradient with numerous realistic water droplets of various sizes scattered across the surface. In the upper center, there is a faint, stylized illustration of a balance scale with two pans, each containing several small spheres, symbolizing physics or measurement.

CONCEPTE DE BAZĂ ÎN FIZICĂ – repere metodologice

CONF. UNIV. DR. SEBASTIAN POPESCU

FACULTATEA DE FIZICĂ

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI

METODA ȘTIINȚIFICĂ



observație



ipoteză



experiment



model



teorie

Ce este
fizica?

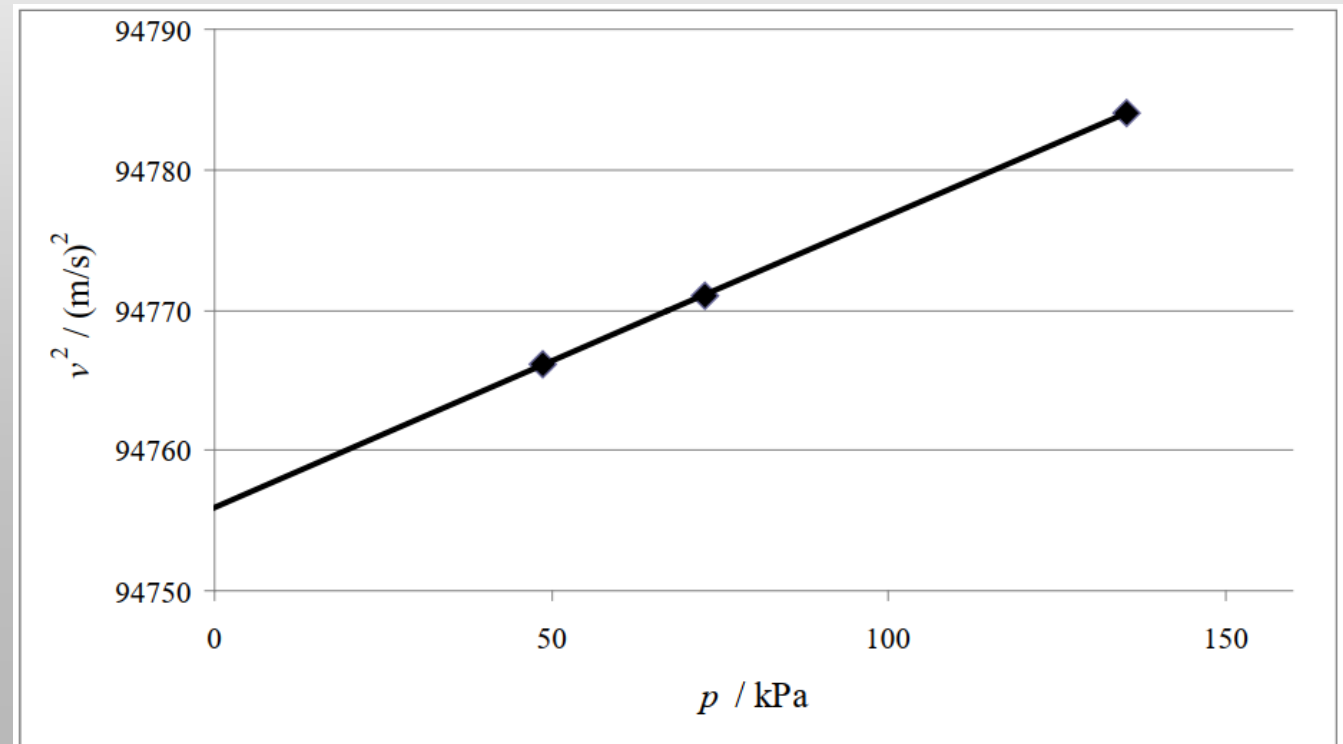
(dar fizicianul?)

MĂRIMI FIZICE. UNITĂȚI DE MĂSURĂ

The International System of
Units (SI), 9th ed., 2019, V. 2.01,
December 2022. p. 37

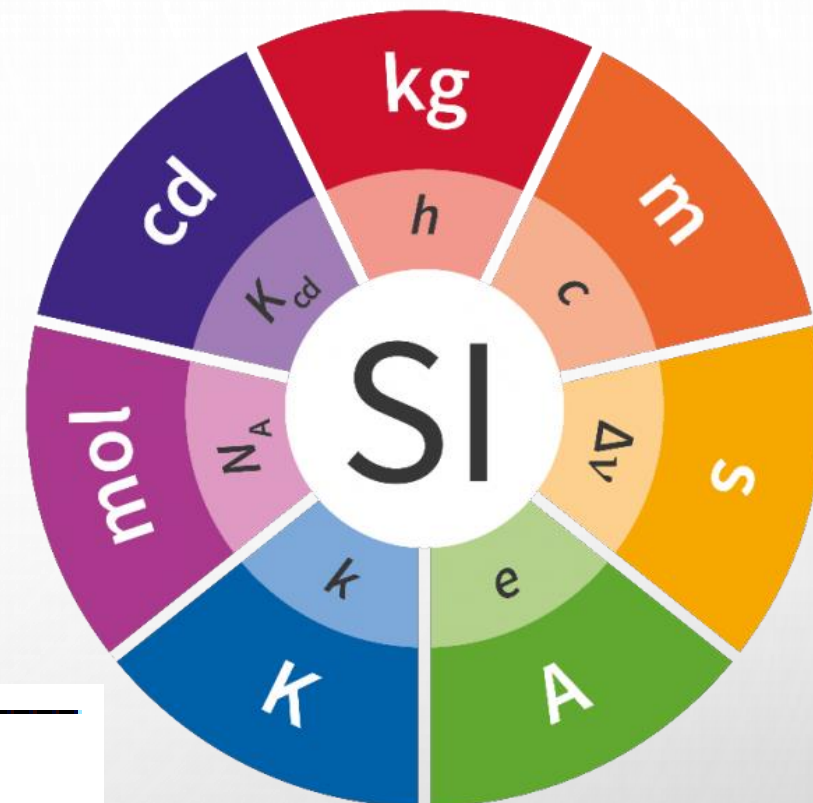
- Mărimea fizică = valoarea numerică x unitatea de măsură!!!
- Ex: $l = 25 \text{ m} \rightarrow l/\text{m} = 25$

p/kPa	$v^2/(\text{m/s})^2$
48.73	94766
72.87	94771
135.42	94784



Tabelul 3.1 Mărimi și unități fundamentale în SI

Mărimea fizică	Simbolul frecvent utilizat	Denumirea unității de măsură în SI	Simbolul unității de măsură
lungimea	l	metrul	m
timpul	t	secunda	s
masa	m	kilogramul	kg
intensitatea curentului electric	I	Amperul	A
temperatura termodinamică	T	Kelvinul	K
cantitatea de substanță	u	molul	mol
intensitatea luminoasă	I _l	candela	cd



Defining constant	Symbol	Numerical value	Unit
hyperfine transition frequency of Cs	$\Delta \nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
speed of light in vacuum	c	299 792 458	m s^{-1}
Planck constant	h	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J s
elementary charge	e	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C
Boltzmann constant	k	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	J K^{-1}
Avogadro constant	N_{A}	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
luminous efficacy	K_{cd}	683	lm W^{-1}

$$1 \text{ s} = \frac{9\,192\,631\,770}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

1 s = durata a 9 192 631 770 perioade ale radiației corespunzătoare tranziției între cele două niveluri hiperfine ale atomului de ^{133}Cs aflat în starea fundamentală neperturbată.

$$1 \text{ K} = \left(\frac{1.380\,649 \times 10^{-23}}{k} \right) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$$

1 K = modificarea temperaturii termodinamice ca rezultat al schimbului de energie termică cu $1.380\,649 \times 10^{-23} \text{ J}$.

$$1 \text{ m} = \left(\frac{c}{299\,792\,458} \right) \text{ s}$$

1 m = distanța parcursă de lumină în vid în intervalul de timp de $1/299\,792\,458$ dintr-o secundă.

$$1 \text{ mol} = \left(\frac{6.022\,140\,76 \times 10^{23}}{N_A} \right)$$

1 mol = cantitatea de substanță a unui sistem ce conține $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ entități elementare specificate.

$$1 \text{ cd} = \left(\frac{K_{\text{cd}}}{683} \right) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ sr}^{-1}$$

1 cd = intensitatea luminoasă, într-o direcție dată, a unei surse care emite radiație monocromatică cu frecvența de 540 THz și are o intensitate radiantă în acea direcție de $1/683 \text{ W/sr}$.

$$1 \text{ kg} = \left(\frac{h}{6.626\,070\,15 \times 10^{-34}} \right) \text{ m}^{-2} \text{ s}$$

The kilogram, symbol kg, is the SI unit of mass. It is defined by taking the fixed numerical value of the Planck constant, h , to be $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ when expressed in the unit J s, which is equal to $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}$, where the metre and the second are defined in terms of c and $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.

$$1 \text{ A} = \left(\frac{e}{1.602\,176\,634 \times 10^{-19}} \right) \text{ s}^{-1}$$

1 A = intensitatea curentului electric ce corespunde curgerii a $1/1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$ sarcini elementare într-o secundă.

ERORI → INCERTITUDINI DE MĂSURARE



Fig. 5 - Neatenția observatorului

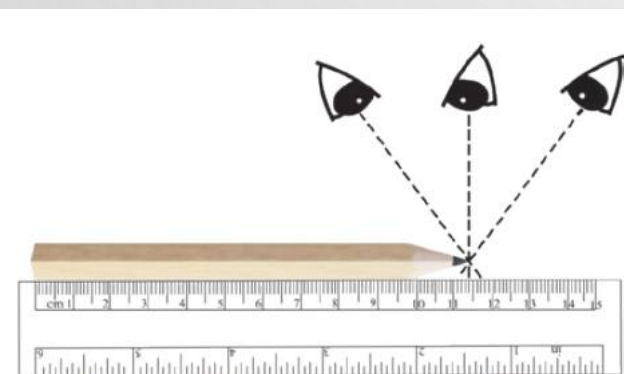
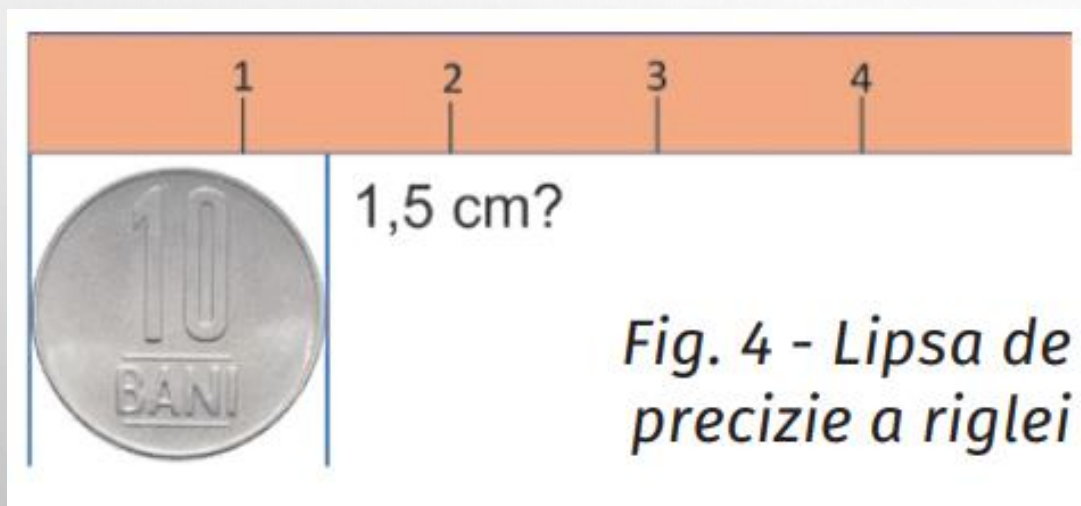


Fig. 6 - Direcția privirii la citire poate afecta rezultatul măsurătorii

- EROARE = diferență între valoarea măsurată și valoarea reală a unei mărimi fizice (mărimi necunoscute!)
- Incertitudine = diferență între valoarea măsurată și o valoare de referință (toate sunt cunoscute!) ce caracterizează împrăștierea valorilor măsurate.
- Incertitudinea rezultatului unei măsurări reflectă lipsa cunoașterii exacte a valorii măsurandului.

(p.5, JCGM 100:2008, "EVALUATION OF MEASUREMENT DATA – GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT")

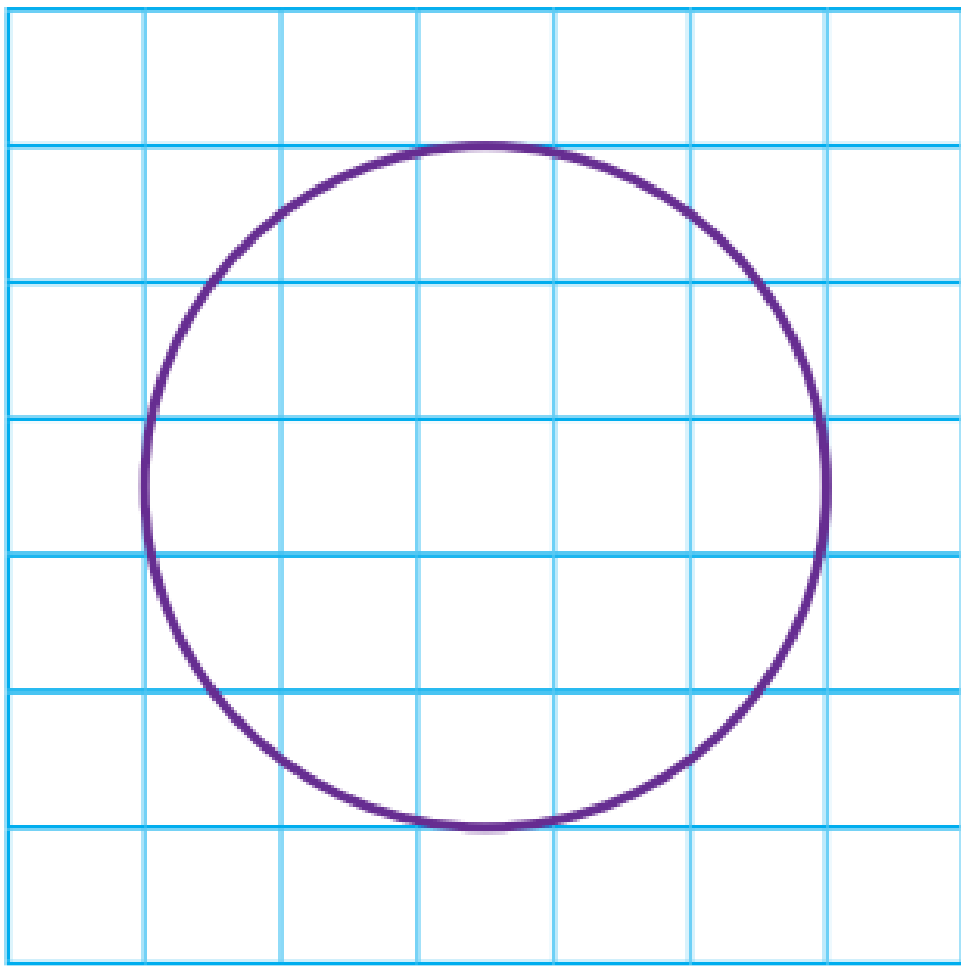
EXEMPLE DE MĂSURĂRI



- REZOLUȚIA RIGLEI = 1 u.a.
- Rezultatul măsurării: $1 \text{ u.a.} < l < 2 \text{ u.a.}$



$$l = \left(\frac{1+2}{2} \pm \frac{2-1}{2} \right) \text{ u.a.} = (1,5 \pm 0,5) \text{ u.a.}$$



CALCULUL ARIEI DELIMITATE DE CONTUR

- Nr. de pătrățele întregi cuprinse în contur: 13
- Nr. min de pătrățele întregi care acoperă total conturul: 25
- Aria S este: $13 \text{ u. a.} < S < 25 \text{ u. a.}$



$$S = \left(\frac{13 + 25}{2} \pm \frac{25 - 13}{2} \right) \text{ u. a.} = (19 \pm 6) \text{ u. a.}$$

CONCLUZII (I)

- Cea mai bună estimare a valorii unei mărimi fizice = media aritmetică a valorilor măsurate:

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_N}{N}$$

- Incertitudinea de măsură (ΔA sau $u(A)$) are aceeași unitate de măsură ca mărimea măsurată.
- E de dorit ca $\Delta A \ll A$!

- Incertitudinea asociată măsurării k este

$$\Delta A_k = |\bar{A} - A_k|;$$

- Valoarea medie a incertitudinii este

$$\Delta \bar{A} = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_N}{N};$$

- Incertitudinea relativă este

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{A}}{\bar{A}};$$

- Rezultatul măsurării este:

$$\boxed{A = \bar{A} \pm \Delta \bar{A}}.$$



SCRIEREA NUMERELOR NOTAȚIA ȘTIINȚIFICĂ

$$1 \text{ au} = 149\,597\,870\,700 \text{ m} = 1,495\,978\,707 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$d = 0,000\,000\,000\,11 \text{ m} = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

- Ordinul de mărime al unui număr: 11; -10
- cifre semnificative (cifre exacte și cifre îndoielnice): 10; 2

Exemple: 172; -1039 ; 1,20; 19 000 000

- Reguli de rotunjire (adaos sau trunchiere):
- $1,4629 = 1,463 = 1,46 = 1,5 = 2$

EXEMPLU: De multe ori se afirmă că viteza luminii în vid este $c = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Valoarea exactă a acestei constante universale este $c = 2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Determină incertitudinile absolută și relativă cu care s-a făcut aproximația, precum și numărul cifrelor semnificative ale valorii aproximative scrise mai sus.

Soluție:

$$c = 299\,792,458 \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

$$\Delta c = (300\,000 - 299\,792,458) \frac{\text{km}}{\text{s}} = 207,542 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 2,1 \cdot 10^2 \frac{\text{km}}{\text{s}} \approx 3 \cdot 10^2 \frac{\text{km}}{\text{s}},$$

Obs: Dacă incertitudinea absolută s-ar fi rotunjit pur și simplu ($\Delta c = 200 \frac{\text{km}}{\text{s}}$), atunci $299\,800 \frac{\text{km}}{\text{s}} \leq c \leq 300\,200 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ (FALS).

Cifra semnificativă a incertitudinii absolute se rotunjește la întregul imediat următor, indiferent de valoarea celei de-a doua cifre ale sale!

Prin urmare, $\Delta c = 300 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, de unde: $299\,700 \frac{\text{km}}{\text{s}} \leq c \leq 300\,300 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. (ADEVĂRAT).

În concluzie, $c = (300\,000 \pm 300) \frac{\text{km}}{\text{s}}$ sau $c = (3,000 \pm 0,003) \cdot 10^5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$,

Incertitudinea relativă a acestui rezultat este $\varepsilon_c = \frac{300 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 1 \cdot 10^{-3} = 0,1 \%$.

EXEMPLE ȘI REGULI DE CALCUL

ADUNARE/SCĂDERE

- $s = 20 \text{ mm} + 1,5 \text{ cm} + 1 \text{ m} (?)$

$$\begin{array}{r} 0,020 + \\ 0,015 \\ 1,xxx \\ \hline 1,xxx \end{array}$$

- **REGULĂ:** La adunare/scădere rezultatul are atâtea zecimale câte are numărul cu cele mai puține zecimale!

- $s = 20 \text{ mm} + 1,5 \text{ cm} + 1 \text{ m} = 0,020 \text{ m} + 0,015 \text{ m} + 1 \text{ m} = 1,035 \text{ m} = 1 \text{ m}$

Versiunea corectată:

- $20 \text{ mm} + 1,5 \text{ cm} + 1,000 \text{ m} = 1,035 \text{ m}$

Explicație (clasa a VII-a):

- $s = a + b \rightarrow s \pm \Delta s = a \pm \Delta a + b \pm \Delta b \rightarrow \boxed{\Delta s = \Delta a + \Delta b}$.
- $\Delta s = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 0,5 \text{ mm} + 0,05 \text{ cm} + 0,5 \text{ m} = 0,0005\text{m} + 0,0005\text{m} + 0,5\text{m} = 0,5010\text{m} = 0,6\text{m}$

Deci $s = (1,0 \pm 0,6) \text{ m} = 1 \text{ m}$.

EXEMPLE ȘI REGULI DE CALCUL

ÎNMULȚIRE/ÎMPĂRȚIRE

- $2,739 \cdot 7,4 = 20,2686$ (?)

$$\begin{array}{r} 2,739 \times \\ 7,4xx \\ \hline xxxx \\ \cdot \\ xxxx \\ 9956 \\ 19173 \\ \hline 20,0xxxxx \end{array}$$

- **REGULĂ:** La înmulțire/împărțire rezultatul are atâtea cifre semnificative câte are numărul cu cele mai puține cifre semnificative!

- $P = 2,739 \times 7,4 = 20,2686$ (?)

Versiunea corectă:

- $P = 2,739 \cdot 7,4 = 20,2686 = 20$

Explicație (clasa a VII-a):

- $P = a \cdot b \rightarrow P \pm u(P) = [a \pm u(a)] \cdot [b \pm u(b)] \rightarrow$
 $\rightarrow u(P) = a \cdot u(b) + b \cdot u(a) + u(a) \cdot u(b)$
 $\cong a \cdot u(b) + b \cdot u(a) \rightarrow \boxed{\varepsilon_P = \varepsilon_a + \varepsilon_b}.$

- $\varepsilon_P = \frac{0,0005}{2,739} + \frac{0,05}{7,4} = 0,00694 \rightarrow u(P) = 20,2686 \times$
 $0,00694 = 0,14$

Deci $P = 20,3 \pm 0,2 = 20$.

