

*MODUL 2:*

*ELECTROTEHNICĂ ȘI MĂSURĂRI TEHNICE*

*CLASA A IX-A E*

# Măsurarea mărimilor neelectrice

## 2.1. MĂSURAREA MĂRIMILOR GEOMETRICE

**Lungimea** este una dintre mărimile fizice fundamentale din fizică. **Lungimea** definește proprietatea unui corp de a avea doar o singură dimensiune spațială.

Definiția lungimii din fizică este practic identică cu cea a drepte și a unidimensionalității din geometria euclidiană și, ca atare, conformă postulatului euclidian, care afirmă că „*prin două puncte neconfundate trece o dreaptă și numai una*”.



Fig. 2.1. Instrumente pentru măsurarea lungimii

**Lungimea** reprezintă o mărime fundamentală. Noțiunea de lungime se referă la: lățime, înălțime, grosime, rază, diametru și distanță.

Unitatea fundamentală pentru lungime, în Sistemul Internațional de unități de măsură SI, este metrul [m]. Multiplii și submultiplii metrului în SI sunt:

Tabelul 2.1. Multiplii și submultiplii metrului

Denumirea	Simbol	Valoare	Domeniu de utilizare
<i>Multipli</i>			
kilometru	km	$10^3$ m	distanță
hectometru	hm	$10^2$ m	distanță
decametru	dam	$10^1$ m	distanță
<i>Submultipli</i>			
decimetru	dm	$10^{-1}$ m	industrie
centimetru	cm	$10^{-2}$ m	industrie
milimetru	mm	$10^{-3}$ m	industrie
micrometru (micron)	$\mu\text{m}$	$10^{-6}$ m	industrie



### ȘTIAȚI CĂ...?

În afara unităților de măsură din sistemul SI, se folosesc și alte unități de măsură, denumite **unități tolerate** (tabelul 2.2).

Tabelul 2.2. Unități de măsură tolerate pentru lungimi

Unitatea de măsură	Simbol	Relația de calcul
inch (țol)	in	$1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m} = 2,54 \text{ cm} = 25,4 \text{ mm}$
mila marină	mlm	$1 \text{ mlm} = 1854 \text{ m}$
punct tipografic	p	$1 \text{ p} = 0,376065 \times 10^{-3} \text{ m}$
cicero	cic	$1 \text{ cic} = 12 \text{ p} = 4,51278 \times 10^{-3} \text{ m}$
cuadrat	cv	$1 \text{ cv} = 4 \text{ cic} = 48 \text{ p} = 18,0511 \times 10^{-3} \text{ m}$

Pentru măsurarea lungimii sunt utilizate două metode:

• **Metoda absolută** constă în măsurarea valorii totale a lungimii cu ajutorul unui instrument sau aparat de măsurat.

De exemplu, măsurarea unei lungimi cu ajutorul riglei, metrului, șublerului, micrometrului etc., reprezintă o metodă absolută de măsurare a lungimilor.

• **Metoda comparativă** constă în măsurarea diferenței unei lungimi față de o lungime-etalon.

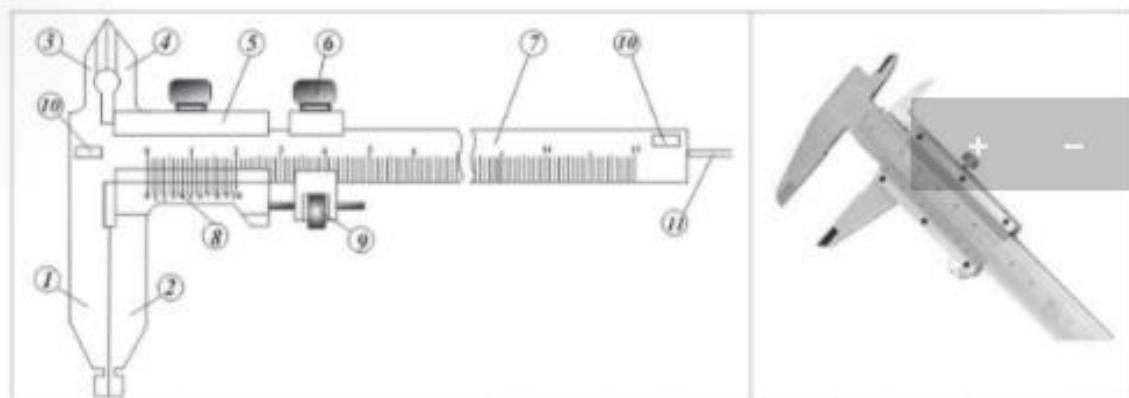
De exemplu, măsurarea unei lungimi cu ajutorul comparatorului cu cadran reprezintă o metodă comparativă de măsurare a lungimilor.

**Aparatele de măsurat lungimi** sunt dispozitive care se folosesc la transformarea lungimii măsurate într-o informație sau o indicație echivalentă, exprimată în unități de lungime. Din gama acestor aparate fac parte:

- șublerile;
- compasurile pentru măsurat;
- micrometrele.

### 2.1.1. Șublerul

Șublerul (fig. 2.2) este un aparat de măsurat cu **vernier** și **cursor**, folosit pentru măsurarea de dimensiuni exterioare, interioare sau de adâncime. Vernierul este o scară gradată ajutătoare, suprapusă peste o riglă gradată, pentru a permite citirea mai precisă a fracțiunilor de diviziune ale riglei gradate.



**Fig. 2.2.** Șublerul de exterior, interior și adâncime: 1 – ciocul lung al riglei; 2 – ciocul lung al cursorului; 3 – ciocul scurt al riglei; 4 – ciocul scurt al cursorului; 5 – cursor; 6 – șurub de blocare a cursorului; 7 – rigla gradată; 8 – vernier; 9 – piulița dispozitivului de avans fin al cursorului; 10 – loc pentru marcare, 11 – tijă de adâncime

### Clasificarea șublerelor

Șublerul (cel mai utilizat mijloc de măsurat lungimi format dintr-o riglă cu scară gradată în mm și dintr-un cursor cu vernier) poate fi clasificat:

După precizie:		
cu precizie de 0,1 mm	10 diviziuni pe vernier	1 / 10
cu precizie de 0,05 mm	20 de diviziuni pe vernier	1 / 20
cu precizie de 0,02 mm	50 de diviziuni pe vernier	1 / 50

După destinație:
<b>șublere de exterior și interior/adâncime</b> (fig. 2.3): utilizate pentru măsurarea dimensiunilor interioare și exterioare/adâncime, care pot fi prevăzute și cu tijă pentru adâncime.
<b>șublere pentru adâncime</b> (fig. 2.4): utilizate numai pentru măsurarea adâncimilor. La aceste șublere, rigla culisează într-un suport-traversă, care poartă vernierul, suprafața de sprijin fiind lama.
<b>șublere pentru trasaj</b> (fig. 2.5): utilizate pentru trasaj, cursorul fiind prevăzut cu un cioc ascuțit pentru trasaj.
<b>șublere pentru roți dințate</b> (fig. 2.6): prevăzute cu două rigle perpendiculare și două cursoare cu 2 verniere.



Fig. 2.3. Șublere de interior, exterior, adâncime



Fig. 2.4. Șubler de adâncime: 1 - riglă gradată; 2 - cursor; 3 - șurubul de fixare a cursorului; 4 - talpa cursorului; 5 - ciocul riglei; 6 - vernier; 7 - loc de marcarea



Fig. 2.5. Șublere de trasaj

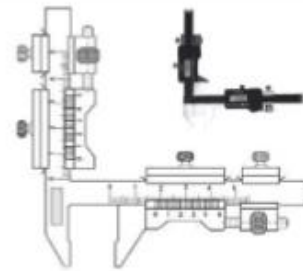


Fig. 2.6. Șublere pentru danturi



### REȚINEȚI!

Pentru mărirea preciziei de citire se folosește scara gradată ajutătoare, **vernierul**. Vernierul este o scară gradată ajutătoare, suprapusă peste o riglă gradată, pentru a permite citirea mai precisă a fracțiunilor de diviziune ale riglei gradate. Cu ajutorul vernierelor se pot citi fracțiuni ale diviziunilor riglei gradate.

### Caracteristicile vernierelor șublerelor

Valoarea diviziunii vernierului (mm)	Lungimea diviziunii de pe vernier	Lungimea vernierului și cifrarea sa
$\frac{1}{10}$	1,90	
$\frac{1}{20}$	0,95	
$\frac{1}{50}$	0,98	

**CITIREA LUNGIMII MĂSURATE CU AJUTORUL ȘUBLERULUI**

Pentru citirea lungimii măsurate se parcurg următorii pași:

- pe rigla gradată se citește numărul întreg de milimetri în dreptul reperului „0” de pe vernier;
- se verifică coincidența diviziunii de pe rigla gradată cu cea de pe vernier;
- în funcție de caracteristica vernierului (0,1 mm; 0,05 mm; 0,002 mm) se aplică formula de calcul:

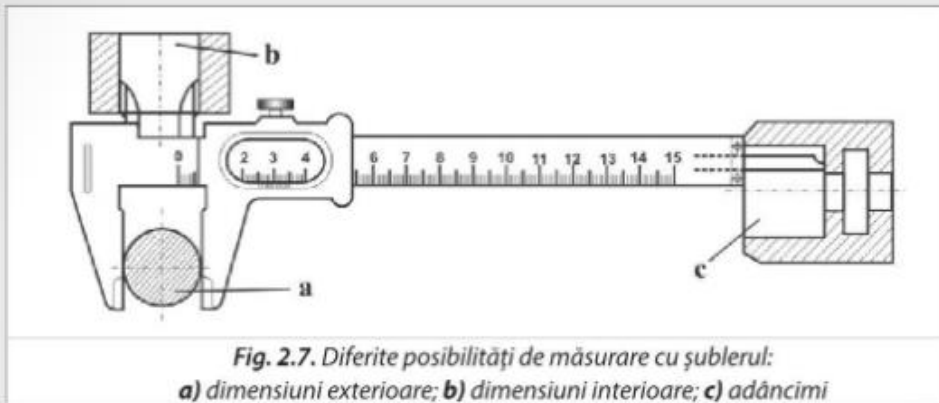
$$D_M = D_{\text{riglă}} + D_V \times V_{dv}$$

$D_M$  – dimensiunea măsurată de șubler;

$D_{\text{riglă}}$  – numărul de diviziuni (mm) citite pe rigla gradată;

$D_V$  – numărul reperului de pe vernier care se află în prelungirea reperului de pe scara gradată;

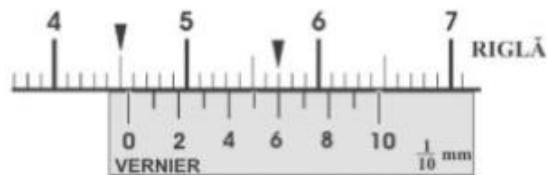
$V_{dv}$  – precizia șublerului.



**Fig. 2.7.** Diferite posibilități de măsurare cu șublerul:  
a) dimensiuni exterioare; b) dimensiuni interioare; c) adâncimi

**APLICAȚII**

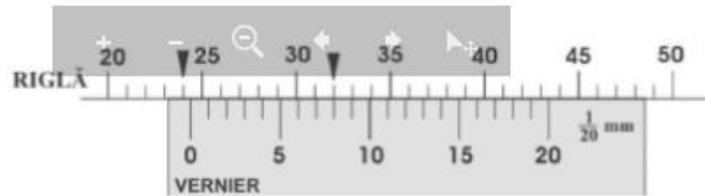
1. Identificați mărimea măsurată dacă se utilizează un șubler cu vernier a cărui diviziune are valoarea 1/10 mm.



Diviziunea „0” a vernierului este poziționată în dreptul diviziunii „45” de pe scara gradată a riglei. Urmărim pe vernier care diviziune este în „prelungirea” gradației de pe riglă. Se observă că această cerință este obținută în dreptul diviziunii „6” de pe vernier. În consecință, valoarea măsurată este dată de relația:

$$45 \text{ mm} + 6 \text{ div} \cdot \frac{1}{10} \text{ mm} / \text{div} = 45 + 0,6 = 45,6 \text{ mm}$$

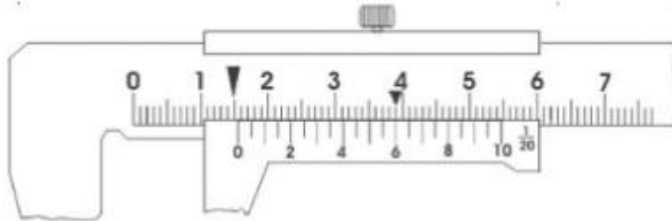
2. Identificați mărimea măsurată dacă se utilizează un șubler cu vernier a cărui diviziune are valoarea  $1/20$  mm.



Dacă vernierul este cu diviziune  $1/20$  mm, atunci citirea lungimii se va face astfel:

$$D_M = 24 \text{ mm} + 8 \text{ div} \cdot \frac{1}{20} \text{ mm / div} = 24 + 0,40 = 24,40 \text{ mm}$$

3. Identificați mărimea măsurată dacă se utilizează un șubler cu precizia 0,05.



Dacă șublerul are precizia 0,05 atunci se poate citi pe șubler valoarea:

$$D_M = 15 \text{ mm} + 6 \text{ div} \cdot \frac{1}{20} \text{ mm / div} = 15 + 0,30 = 15,30 \text{ mm}$$

## EVALUARE CURENTĂ

1. Precizați ce elemente sunt necesare pentru cunoașterea completă a lungimii unui corp:

- valoarea numerică;
- unitatea de măsură;
- valoarea numerică și unitatea de măsură;
- valoarea numerică și simbolul mărimii respective.

2. Indicați care sunt multiplii și submultiplii metrului.

3. Să se efectueze următoarele operații, exprimându-se, de fiecare dată, rezultatul în unități ale SI:

- $40 \text{ hm} + 230 \text{ dm} =$
- $250 \text{ mm} + 15 \text{ cm} + 3 \text{ m} =$
- $6 \text{ km} - 20 \text{ dam} + 35 \text{ hm} =$
- $240.000 \mu\text{m} + 500 \text{ mm} + 3 \text{ dam} =$
- $500 \text{ mm} + 2500 \text{ mm} + 7 \text{ dam} =$
- $400 \text{ dam} - 10 \text{ hm} - 2 \text{ km} =$

4. Identificați tipurile de șublere din laborator și elementele componente ale acestora.

5. Explicați ce înseamnă precizia de citire la vernier.

6. Stabiliți valoarea de adevăr a următoarelor fraze, ținând cont de faptul că instrumentele folosite pentru determinarea lungimilor trebuie să fie adecvate dimensiunilor corpului ce trebuie măsurat, precum și preciziei cerute de măsurătoarea respectivă.

- Distanța dintre două localități se poate determina cel mai bine cu echerul.
- Grosimea unui creion se determină cel mai bine cu ruleta.

### 2.1.2. Micrometrul

Micrometrele sunt aparate de măsurat lungimi cu vernier circular, folosite pentru măsurarea de dimensiuni exterioare, interioare sau de adâncime.

Precizia măsurărilor efectuate cu micrometrele este ridicată: 0,02 mm, 0,01 mm și 0,001 mm.

#### Clasificarea micrometrelor

Micrometrul este un mijloc de măsurat lungimi cu șurub micrometric, funcționarea lui bazându-se pe transformarea mișcării de rotație a unui șurub micrometric în mișcare de translație. Pasul șurubului micrometric este de 0,5 mm, deci deplasarea liniară este tot de 0,5 mm.

Clasificarea acestor instrumente are la bază următoarele criterii:

precizia	poziția suprafeței de măsurare	destinația
----------	--------------------------------	------------

#### a) După precizie:

- micrometre cu precizia de 0,01 mm;
- micrometre cu precizia de 0,002 mm;
- micrometre cu precizia de 0,001 mm;

Micrometrele se construiesc cu limite de măsurare multiplu de 25 mm. În acest fel se regăsesc micrometre cu limite între 0 și 25 mm, cu limita inferioară 25 mm și cea superioară 50 mm. Limitele cresc din 25 în 25 mm, astfel că există micrometre până la 475-500 mm.

#### b) După poziția suprafeței de măsurare:

- micrometre de exterior



Fig. 2.10. Micrometre de exterior

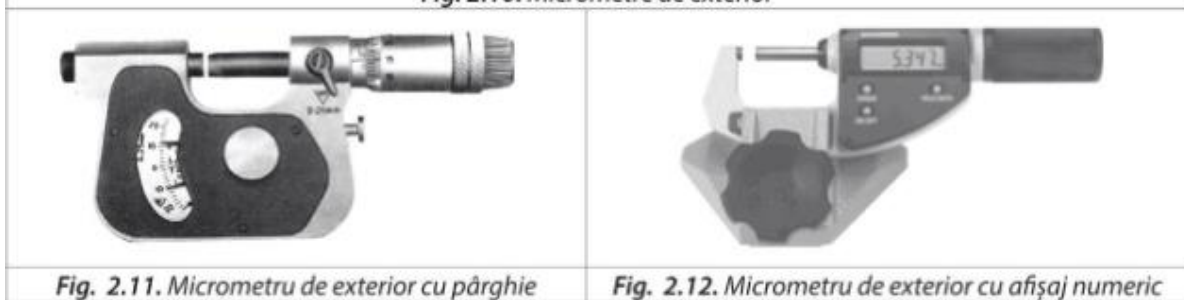


Fig. 2.11. Micrometru de exterior cu pârghie

Fig. 2.12. Micrometru de exterior cu afișaj numeric



**Fig. 2.13. Micrometre de interior**

• micrometre de adâncime



**Fig. 2.14. Micrometru de adâncime: 1 – talpa micrometrului, 2 – tijă de măsurare, 3 – dispozitiv de blocare, 4 – bușă cilindrică gradată în milimetri și jumătăți de milimetru, 5 – scara gradată a tamburului, 6 – dispozitiv de limitare a forței de apăsare.**

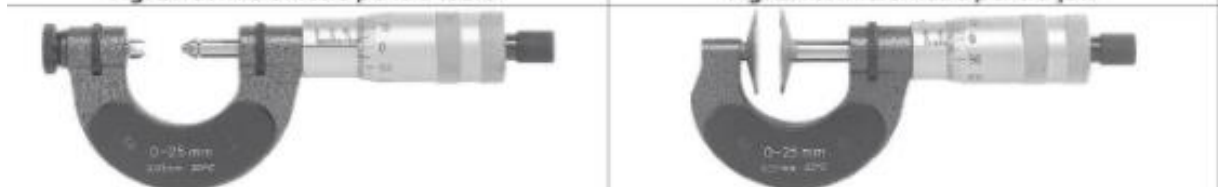
**c) După destinație, micrometrele pot fi:**



**Fig. 2.15. Micrometru pentru table**



**Fig. 2.16. Micrometru pentru țevi**



**Fig. 2.17. Micrometru pentru filete**



**Fig. 2.18. Micrometru cu talere**



**Fig. 2.19. Micrometru vergea**

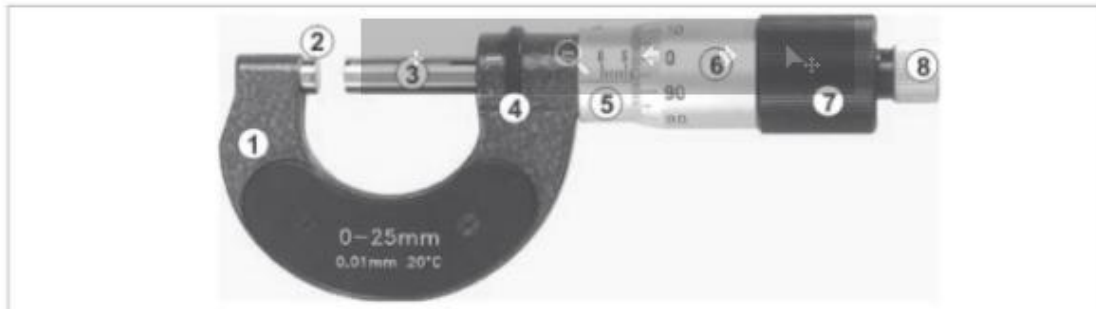


**Fig. 2.20. Micrometru cu pârghie**



## Elemente componente ale micrometrului

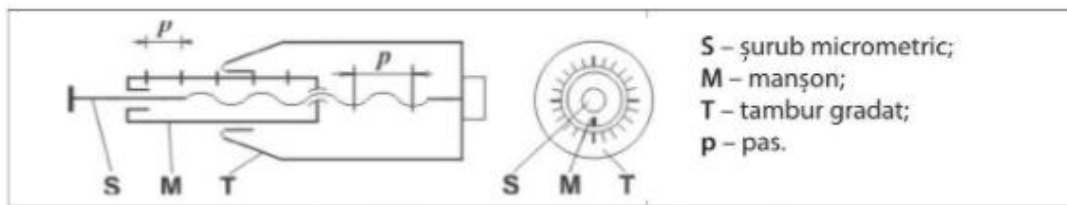
În principiu, toate micrometrele au în componența lor următoarele elemente (fig. 2.21):



**Fig. 2.21.** 1 – potcoava, de a cărei mărime depinde domeniul de măsurare (care crește din 25 în 25 mm); 2 – nicovala; 3 – tija palpator; 4 – dispozitivul de blocare (în vederea citirii indicației micrometrului); 5 – brațul cilindric (pe care se găsesc gradațiile superioare – pentru milimetri – și gradațiile inferioare – pentru jumătăți de milimetru); 6 – tamburul (cu gradațiile pentru sutimi de milimetru); 7 – manșon de manipulare a micrometrului; 8 – dispozitivul de limitare a forței de apăsare exercitată între nicovala 2 și tija 3.

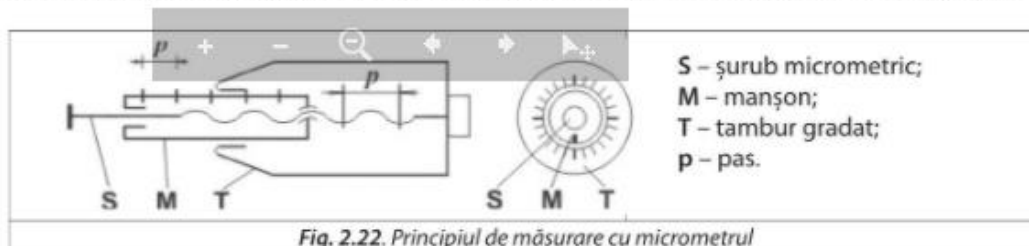
## Principiul de funcționare

Principiul de măsurare cu scara gradată circulară constă în transformarea mișcării de rotație a unui șurub cu pas fin, de obicei 0,5 mm, denumit *șurub micrometric*, într-o deplasare liniară (fig. 2.22).



## Principiul de funcționare

Principiul de măsurare cu scara gradată circulară constă în transformarea mișcării de rotație a unui șurub cu pas fin, de obicei 0,5 mm, denumit *șurub micrometric*, într-o deplasare liniară (fig. 2.22).



**Fig. 2.22.** Principiul de măsurare cu micrometrul

Șurubul micrometric **S** are pasul **p**. Acest pas are o valoare egală cu diviziunea scării gradate de pe manșonul **M**. Pentru a determina o fracțiune **s** din această diviziune **p**, se folosește tamburul gradat **T** care reprezintă vernierul propriu-zis.

Pentru  $p = 0,5$  mm și  $n = 50$  diviziuni, rezultă valoarea unei diviziuni a tamburului de **0,01** mm (o sutime de milimetru).



## ȘTIAȚI CĂ...?

**Micrometrul**, numit neoficial și **micron**, este un submultiplu al metrului, unitatea de măsură pentru lungime în Sistemul Internațional. Între 1879 și 1967 s-au folosit în mod oficial ambele denumiri. În 1968, denumirea de micron a fost exclusă din Sistemul Internațional. În notațiile științifice este scris:  $1 \times 10^{-6}$  m sau 1/1 000 000 m.

Un fir de păr uman este de aproximativ 100  $\mu\text{m}$ . O globulă roșie are un diametru de cca. **7  $\mu\text{m}$** .

Simbolul oficial actual al micrometrului în SI este  $\mu\text{m}$ .

Micrometrul (micronul) se folosește ca unitate de măsură în multe domenii de activitate care operează cu dimensiuni mici. Iată câteva exemple:

- în fizică, lungimile de undă ale radiațiilor infraroșii sunt de ordinul micrometrilor;

## EVALUARE CURENTĂ

- Orice micrometru prezintă:
  - două scări gradate;
  - o scară gradată;
  - trei scări gradate;
  - precizie de 0,001 cm.
- Partea întreagă a valorii măsurate se citește pe:
  - tamburul gradat;
  - scara milimetrilor;
  - scara jumătăților de milimetru;
  - talpa micrometrului.
- Șurubul micrometric, din componența micrometrului, are pasul:
  - 0,5 mm;
  - 1 mm;
  - 0,01 mm;
  - 0,002 mm.
- Limita de măsurare a micrometrelor poate fi:
  - multiplu de 25 mm;
  - 45 mm;
  - multiplu de 45 mm;
  - 5 cm.
- Precizați dimensiunea indicată de aparatul din figura 2.26.

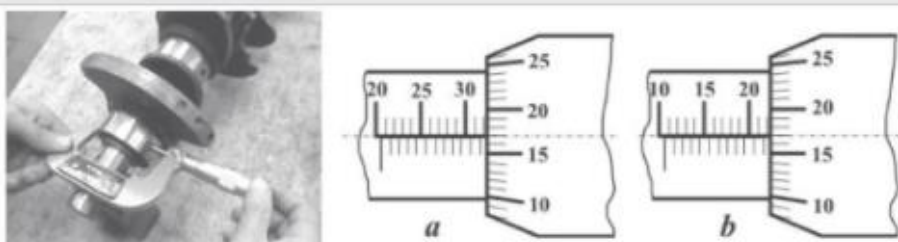


Fig. 2.26. a) .....mm; b) .....mm.

- Precizați dimensiunea indicată de aparatul din figura 2.27:

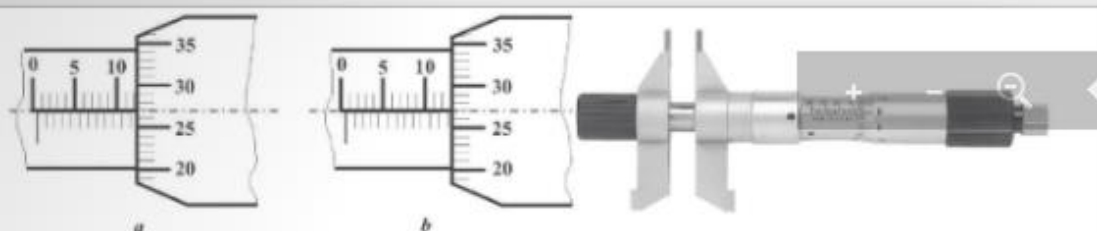


Fig. 2.27. a) .....mm; b) .....mm.

- Pentru mijlocul de măsurare din figura 2.28:

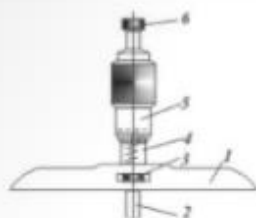


Fig. 2.28:

- Precizați denumirea mijlocului de măsurare.
- Indicați mărimea fizică măsurată cu acest aparat.
- Precizați denumirea elementelor componente, ale aparatului, numerotate cu cifre de la 1÷6 (1, 2, 3, 4, 5, 6).
- Indicați un alt mijloc de măsurare de tip aparat, pentru mărimea fizică precizată la punctul b.

- Scrieți, în spațiul de răspuns, informația corectă care completează spațiile libere:

Domeniul de măsurare al micrometrelor este de .....1 ... mm.

Micrometrul de adâncime măsoară .....2... găurilor înfundate și a pragurilor.

Micrometrul pentru roți dințate este prevăzut cu suprafețe de măsurare în formă de ...3... .

Nicovala ...4...este prevăzută cu scară gradată în mm.

Pe brațul cilindric al micrometrului, în partea de jos a ...5... gradate se pot citi jumătăți de milimetru.

### 2.1.3. Comparatoare

Comparatoarele sunt mijloace de măsurare cu ajutorul cărora se efectuează măsurări relative, adică se determină abaterile dimensiunilor efective față de dimensiunile nominale ale pieselor. Cu ajutorul comparatoarelor se mai pot determina abaterile de formă și abaterile de poziție ale pieselor (abateri de la circularitate, planitate, rectilinitate, cilindricitate, paralelism, perpendicularitate etc.).

#### Clasificarea comparatoarelor;

- mecanice: *comparatorul cu cadran, minimetrul, ortotestul, milimesul, pasametrul;*
- optice: *optimetrul, microscopul de atelier;*

- electrice;
- pneumatice.

Principalele elemente ale unui comparator sunt: **palpatorul, mecanismul de transmitere și amplificare, dispozitivul indicator** (fig. 2.32).

Rolul elementelor componente:

- **palpatorul** vine în contact cu piesa în timpul măsurării;
- **mechanismul de transmitere și amplificare** este format dintr-un sistem de pârghii și roți dințate având rolul de a amplifica deplasarea palpatorului și de a transmite această deplasare la dispozitivul indicator;
- **dispozitivul indicator** redă, pe o scală gradată, prin intermediul unui ac indicator, deplasarea palpatorului și ca atare abaterea piesei care se controlează.



Fig. 2.31. Comparator

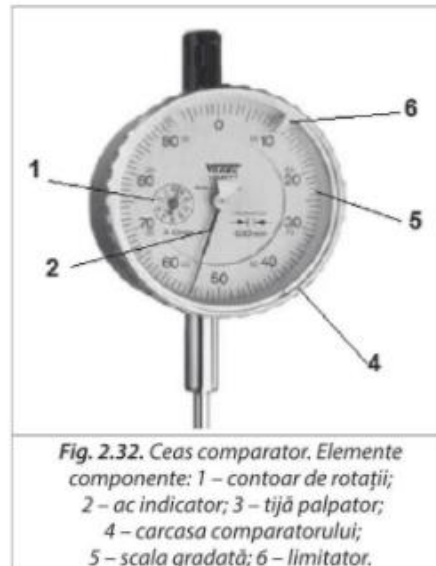


Fig. 2.32. Ceas comparator. Elemente componente: 1 – contoar de rotații; 2 – ac indicator; 3 – tijă palpator; 4 – carcasa comparatorului; 5 – scala gradată; 6 – limitator.

Comparatorul este utilizat pentru compararea dimensiunilor liniare. Mărirea preciziei de măsurare se realizează printr-o amplificare mecanică a deplasării tijei palpatoare a comparatorului cu ajutorul unor angrenaje, pârghii sau combinații ale acestora. Domeniul de măsurare este de  $0 \div 10$  mm, acul indicator putând executa 10 rotații la o sută de diviziuni.

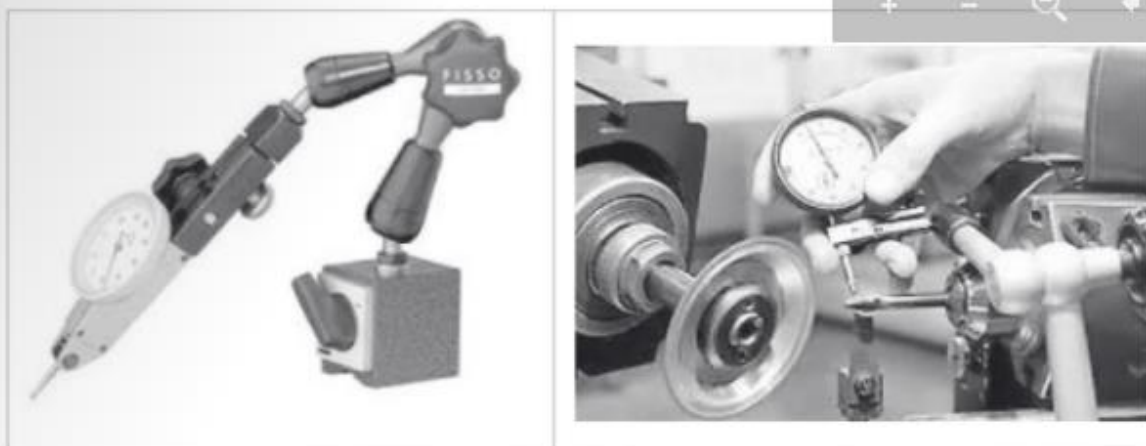


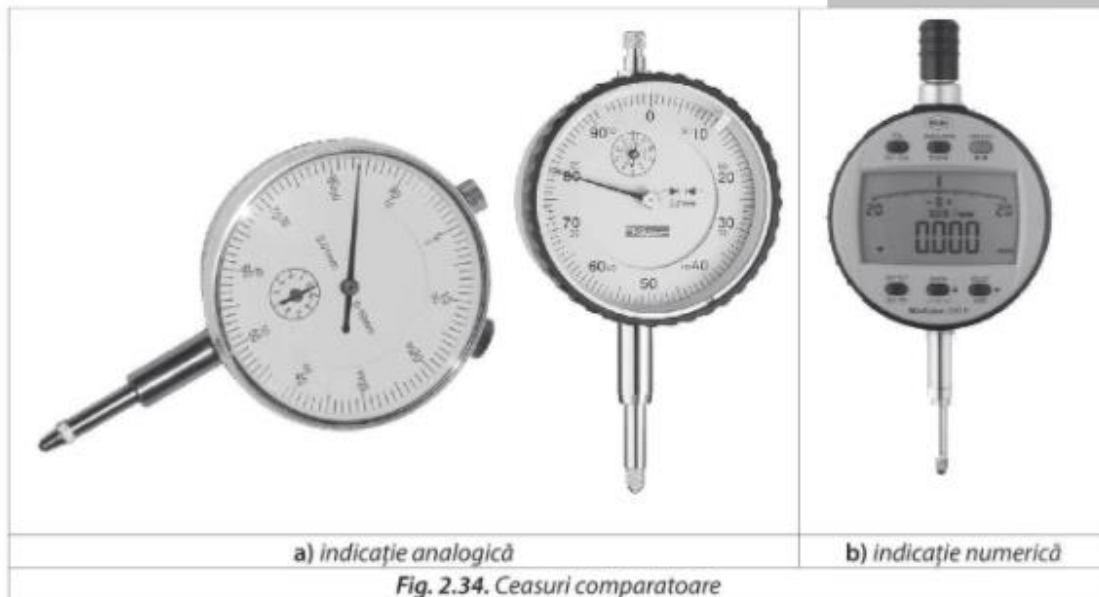
Fig. 2.33. Fixarea cu brațul de fixare a comparatoarelor

Comparatoarele au valoarea diviziunii de 0,01; 0,02; 0,001 mm.

Pentru măsurare, comparatoarele se fixează cu brațul de fixare (fig. 2.33) într-un suport.

Ceasurile comparatoarelor sunt realizate în variantă analogică, caz în care indicația este dată de un ac indicator și în variantă numerică, indicația fiind afișată pe un ecran LCD (fig. 2.34).

Comparatoarele au valoarea diviziunii de 0,01; 0,02; 0,001 mm.  
 Pentru măsurare, comparatoarele se fixează cu brațul de fixare (fig. 2.33) într-un suport.  
 Ceasurile comparatoarelor sunt realizate în variantă analogică, caz în care indicația este dată de un ac indicator și în variantă numerică, indicația fiind afișată pe un ecran LCD (fig. 2.34).



Comparatoarele pot fi: de exterior, respectiv, de interior.

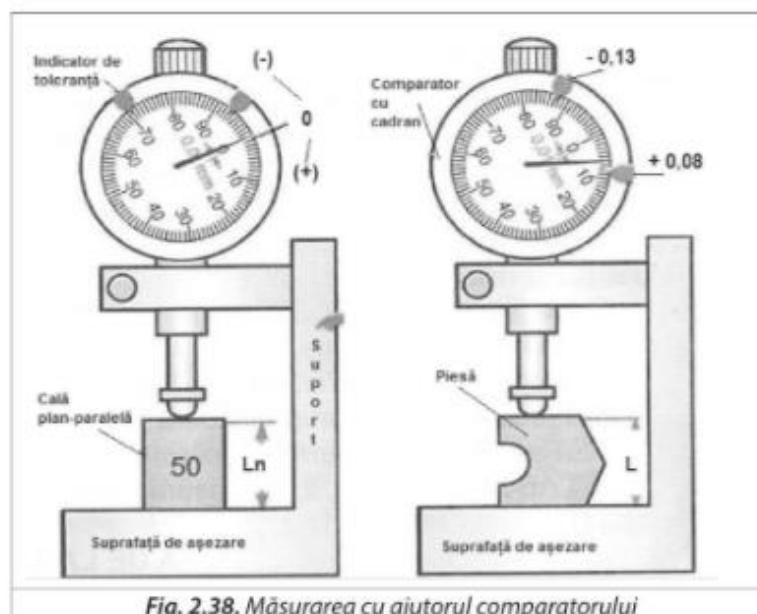
În figura 2.35 este prezentat un set pentru măsurarea alezajului, iar în figura 2.36, un ceas comparator pentru măsurarea grosimii.

Verificarea dimensiunilor interioare se face utilizând un comparator cu două brațe, acestea putând fi acționate cu ajutorul unei clapete (fig. 2.37).

#### Măsurarea cu ajutorul comparatorului

Pe suprafața de așezare a comparatorului (fig. 2.38) este plasată o cală cu lungimea nominală  $L_n = 50$  mm.

Vârful tijei palpatorului va fi în contact cu suprafața calei. Se are în vedere ca tija palpatorului să fie la jumătatea cursei, pentru o deplasare în jos a acestuia.



Rama mobilă a comparatorului, solidară cu cadranul scalei principale, se rotește pentru a aduce reperul „0” în dreptul acului indicator.

Rama va fi blocată cu ajutorul dispozitivului de blocare.

Înlocuim cala cu piesa de verificat.

Pe scala gradată a cadranului de ture se citește numărul întreg de mm, iar zecimile și sutimile se citesc pe scala principală a cadranului. Aceste valori se adună la valoarea de 50 mm (valoarea de reglare);

Se deplasează indicatorul de toleranță în dreapta reperului „0” de pe scala principală, în dreptul diviziunii care indică 0,08 mm, iar al doilea indicator de toleranță se poziționează în stânga reperului „0” în dreptul diviziunii de 0,13 mm;

Valoare „+” se consideră când deplasarea acului indicator este în dreapta reperului „0”, iar valoare „-” când deplasarea acului indicator este în stânga reperului „0”;

Dacă acul indicator este între indicatoarele de toleranță, dimensiunea piesei este bună.



### REȚINEȚI!

Comparatoarele sunt mijloace de măsurare destinate determinării abaterilor dimensionale efective în raport cu dimensiunile nominale ale pieselor.

Comparatoarele pot fi: mecanice, electrice, optice, pneumatice.

Principiul de funcționare constă în transformarea mișcării rectilinii a palpatorului în mișcare de rotație a unui ac indicator, plasat în fața unui cadran gradat de la 0 la 100.

Principalele elemente componente sunt:

- **palpatorul** – vine în contact cu piesa în timpul măsurării;
- **mecanismul de transmitere și amplificare** – este format dintr-un sistem de pârghii și roți dințate având rolul de a amplifica deplasarea palpatorului și de a transmite această deplasare la dispozitivul indicator;
- **dispozitivul indicator**.

## 2.2. MĂSURAREA PRESIUNII CU MANOMETRE

Presiunea este definită prin raportul dintre forță și unitatea de suprafață, forța fiind aplicată în direcție perpendiculară pe suprafața considerată.

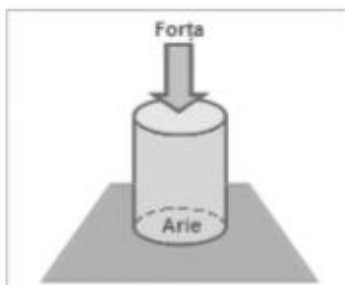


Fig. 2.40. Definierea presiunii

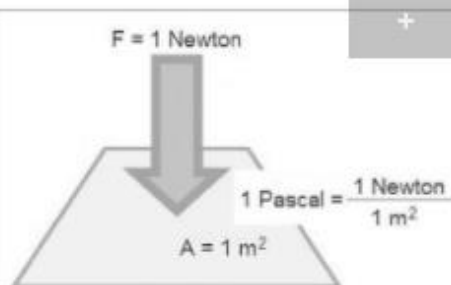


Fig. 2.41. Definierea unității de măsură



2.42. Manometru

Relația de definiție este:

$$p = \frac{F}{A}, \text{ unde:}$$

$p$  este presiunea;

$F$  este forța normală;

$A$  este suprafața.

Presiunea este o mărime scalară, care în SI se măsoară în **pascali**.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Presiunea se transmite suprafețelor înconjurătoare ale domeniului sau secțiunilor prin fluid în direcție *normală* în orice punct al acestor suprafețe sau secțiuni. Ea este un parametru fundamental în termodinamică și este o variabilă conjugată volumului.



### ȘTIAȚI CĂ...?

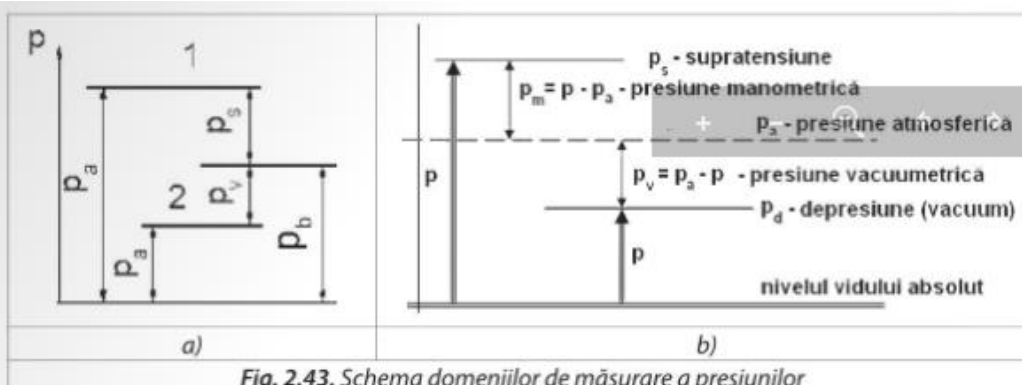
**Torricelli** a fost primul care a măsurat presiunea atmosferică cu ajutorul barometrului cu mercur, aparat pe care l-a inventat în anul 1643. Acest aparat era format dintr-un tub de sticlă lung de 1 m umplut cu mercur, închis la un capăt; acoperind capătul deschis, Torricelli l-a întors și l-a scufundat cu gura în jos într-un vas în care se afla tot mercur. Eliberând capatul deschis al tubului, nivelul mercurului în tub a coborât, formându-se deasupra mercurului un spațiu numit „camera barometrică”. Întotdeauna nivelul mercurului se oprea în jurul valorii de 75 cm indiferent de vreme.



**Evangelista Torricelli**  
(1608-1647)

Sunt cunoscute următoarele presiuni:

- presiunea atmosferică sau presiunea barometrică  $p_a$ ;
- presiunea hidrostatică  $p_h$ ;
- presiunea absolută  $p_a$ ;
- suprapresiunea  $p_s$ ;
- depresiune  $p_v$ ;
- presiunea statică  $p_{st}$ ;
- presiunea dinamică  $p_{din}$ ;
- presiunea diferențială.



Cea mai veche denumire a aparatelor de măsurat presiunea este aceea de **manometru**.

În tabelul 2.3 sunt redată corespondențele dintre pascal și unitățile de măsură pentru presiune utilizate înainte de 1981 în țara noastră.

**Tabelul 2.3. Corespondențele dintre unități de măsură ale presiunii**

Denumirea	Simbol	Echivalent
atmosfera tehnică	at	$9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1 \text{ kgf/cm}^2$
atmosfera fizică	atm	1,033 at
milimetru coloană de apă	mmH <sub>2</sub> O	$9,81 \text{ Pa} = 0,0001 \text{ at}$
milimetru coloană de mercur	mmHg	$133,322 \text{ Pa} = 13,5951 \text{ H}_2\text{O}$
torr	torr	$\sim 1 \text{ mmHg}$
barie	barye	0,1 Pa

## LECTURĂ SUPLIMENTARĂ

### Clasificarea aparatelor pentru măsurarea presiunii după principiul de funcționare

Tipul aparatului	
Cu lichid	- cu tub în formă de U - cu tub și rezervor - cu tub înclinat - micromanometre cu compensare - cu două lichide manometrice - diferențiale
Cu element elastic	- cu tub Bourdon - cu membrană - cu capsulă - cu burduf
Cu piston și greutate	- simplu - cu piston diferențial - cu piston echilibrat
Electrice	- cu traductoare electrice (rezistive, inductive, tensometrice, piezoelectrice, capacitive) - cu traductoare pneumatice - cu traductoare de presiune utilizate în sistemele de reglare automate
Combinat	- cu plutitor - cu tor oscilant - indicatoare de vid - cu clopot - diferențiale

#### Aparatul cu element elastic

Aparatele cu element elastic sunt avantajoase prin intervalul larg de măsurare (de la 1 kPa la 1000 MPa), robustețe și construcție relativ simplă.

Cel mai răspândit detector de presiune folosit în aparatele cu element elastic este **tubul Bourdon** (fig. 2.44).

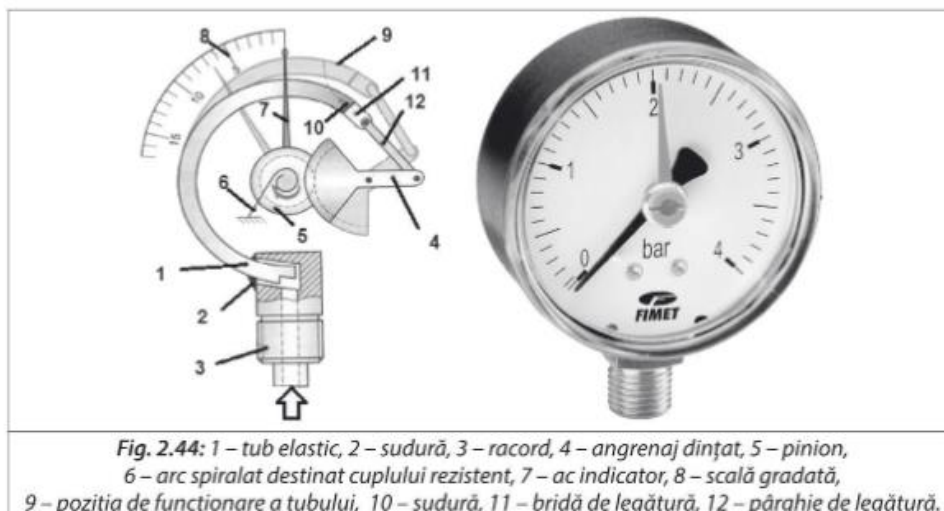


Fig. 2.44: 1 – tub elastic, 2 – sudură, 3 – racord, 4 – angrenaj dințat, 5 – pinion, 6 – arc spiralat destinat cuplului rezistent, 7 – ac indicator, 8 – scală gradată, 9 – poziția de funcționare a tubului, 10 – sudură, 11 – bridă de legătură, 12 – pârghie de legătură.

#### Principiul de funcționare

Tubul cu pereți subțiri, 1, este utilizat ca element de măsurare. El este confecționat din alamă, bronz sau oțel. Are formă curbată (sub formă de arc de  $200^{\circ}$ ÷ $270^{\circ}$ ). Un capăt al tubului este conectat, prin intermediul racordului, 3, la instalația de măsurat. Celălalt capăt este liber și închis etanș. Fluidul pătrunde în tubul manometric și îl deformează proporțional cu valoarea presiunii (la suprapresiune – diametrul  $D$  crește iar la depresiune – scade).

### Principiul de funcționare

Tubul cu pereți subțiri, **1**, este utilizat ca element de măsurare. El este confecționat din alamă, bronz sau oțel. Are formă curbată (sub formă de arc de  $200^{\circ}$ - $270^{\circ}$ ). Un capăt al tubului este conectat, prin intermediul racordului, **3**, la instalația de măsurat. Celălalt capăt este liber și închis etanș. Fluidul pătrunde în tubul manometric și îl deformează proporțional cu valoarea presiunii (la suprapresiune – diametrul  $D$  crește iar la depresiune – scade).

La presiune, capătul liber al tubului, **1**, modifică poziția pârghiei de legătură, **12**, care acționează asupra sectorului dințat, **4**, și a pinionului **5**. Pinionul se rotește și în același timp și acul indicator, **7**, care se deplasează în fața unui cadran, **8**. Acul indicator este readus în poziția inițială, după măsurare, cu ajutorul arcului spiral, **6**.

## FIȘĂ DE LUCRU

### STUDIUL MANOMETRULUI CU ELEMENT ELASTIC

#### Competențe

- să identifice elementele componente ale unui manometru;
- să verifice un manometru tehnic cu clasa de precizie 2,5, cu ajutorul unui aparat etalon.

#### Documentație tehnică

Manometrele cu element elastic de măsurare au o răspândire largă în cele mai diverse ramuri ale tehnicii, având un domeniu foarte întins de măsurare. Elementul elastic poate fi de tip tub Bourdon (simplu, dublu curbat, elicoidal, spiralat etc.), membrană, capsulă sau burduf (fig. 2.45).

## 2.3. MĂSURAREA TEMPERATURII CU TERMOMETRE

*Temperatura este proprietatea fizică a unui sistem, prin care se constată dacă este mai cald sau mai rece. Astfel, materialul cu o temperatură mai ridicată este mai cald, iar cel cu o temperatură joasă mai rece. Ea indică viteza cu care atomii ce alcătuiesc o substanță se mișcă, în cazul încălzirii viteza lor crescând.*

Unitatea de măsură în SI este Kelvin, K



### ȘTIAȚI CĂ...?

Temperatura 0 K este cea numită **zero absolut** și este punctul în care moleculele și atomii au cea mai mică energie termică. De obicei, se folosesc două scări de temperatură, **scara Celsius**, cu precădere în țările europene, și **scara Fahrenheit**, în Statele Unite. Acestea se definesc cu ajutorul **scării Kelvin** care constituie scara fundamentală a temperaturilor în știință și tehnică.

Un grad Celsius reprezintă a  $1/273,16$ -a parte din intervalul cuprins între punctul triplu al apei ( $0,01^{\circ}\text{C}$ ) și punctul de zero absolut ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ), la presiune normală.

Raportul de conversiune:

$$\text{Temp } [^{\circ}\text{C}] = \text{Temp } [\text{K}] - 273,15$$

$$\text{Temp } [^{\circ}\text{F}] = 9/5 \text{Temp } [\text{K}] - 459,67$$

Formulele pentru transformarea temperaturii exprimate în grade Celsius sunt redate în tabelul 2.4.

**Tabelul 2.4.** Formule pentru transformarea temperaturii exprimate în grade Celsius

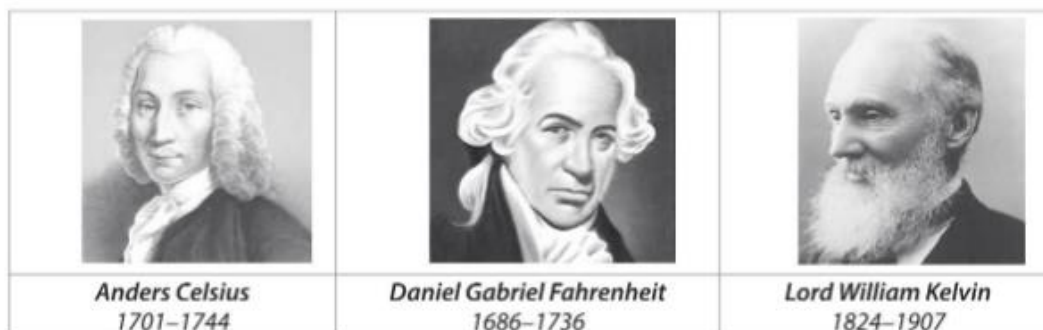
Convertire din	în	Formulă
Celsius	Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$
Fahrenheit	Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$
Celsius	Kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$
Kelvin	Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$



Până în 1954 temperatura de 0 °C de pe scara **Celsius** a fost definită ca punctul de topire al gheții, iar cea de 100 °C ca punctul de fierbere al apei la presiune normală.

Scara **Kelvin** este scară de temperatură termodinamică (absolută) unde temperatura de zero absolut (0 K) este cea mai scăzută temperatură posibilă, nimic neputând fi răcit mai mult, iar în substanță nu mai există energie sub formă de căldură.

Scara **Fahrenheit** a fost propusă, în cadrul sistemului anglo-saxon de unități de măsură, în 1724, de către fizicianul **Daniel Gabriel Fahrenheit** și numită după acesta.



### Termometre

Cel mai utilizat instrument folosit la măsurarea temperaturii este *termometrul*. O clasificare a termometrelor este bazată pe:

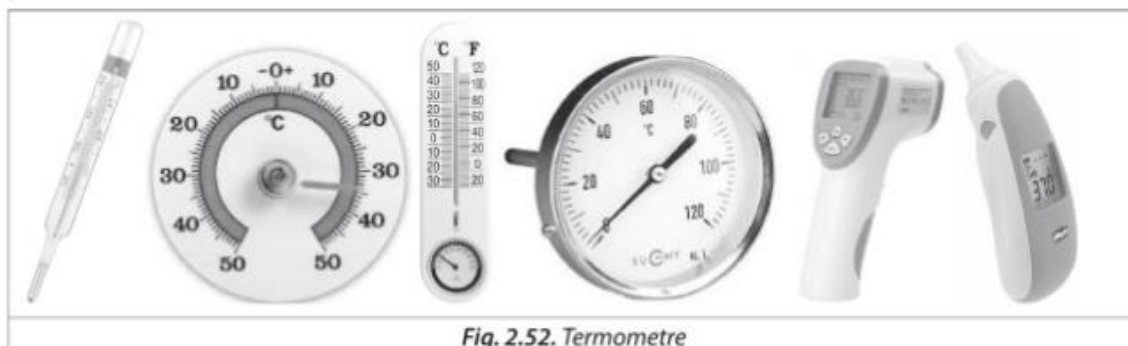
- dilatarea corpurilor;
- variația presiunii;
- variația rezistenței electrice;
- efectul Seebeck.

Progresele tehnice au dus la realizarea unor instrumente de măsură a temperaturii.

Amintim *pirometrele optice* și cele *cu infraroșu*, aceste instrumente folosesc tehnicile electronice și utilizarea unor proprietăți ale materialelor bazate pe radiațiile emise.

**Termometrele de uz casnic** sunt utilizate, strict, la determinarea temperaturii corpului uman, acestea fiind întâlnite în mai multe variante.

Termometrul cu mercur este unul dintre cele mai vechi instrumente din gospodărie, utilizat la măsurarea temperaturii.



Alte variante de termometre funcționează pe baza unor **senzori**, care sesizează și, apoi, afișează pe un ecran LCD valoarea temperaturii. Măsurarea temperaturii, în acest caz, durează în jur de câteva secunde sau minute.

## FIȘĂ DE LUCRU

### MĂSURAREA TEMPERATURII

#### Competențe

- să identifice părțile componente ale unui termometru de sticlă cu lichid;
- să măsoare temperatura unui lichid cu ajutorul unui termometru de sticlă;
- să determine inerția termică termometrului de etalonat;
- să identifice tipurile de termometre existente în laborator.

#### Documentație tehnică

Prin temperatură se înțelege o mărime fizică ce caracterizează starea de încălzire a unui corp sau a unui sistem fizic. Temperatura este o mărime reperabilă sau intensivă (starea de încălzire se determină prin compararea cu o stare de încălzire luată în mod convențional ca stare de referință sau stare de zero).

Temperaturile a două corpuri se pot compara între ele sau raporta la o scară de referință, dar nu se pot aduna sau scădea, iar în acest sens se spune că temperatura este o mărime reperabilă sau intensivă.

Cel mai des folosit tip de termometru este cel cu mercur, care este alcătuit dintr-un capilar de sticlă cu diametrul uniform ce este deschis într-un balon umplut cu mercur la un capăt. Capilarul este închis pentru a asigura o stare parțială de vid. Dacă temperatura crește, mercurul se ridică în capilar. Temperatura poate fi apoi citită de pe o scală adiacentă. Mercurul este des folosit pentru măsurarea temperaturilor obișnuite; alcoolul, eterul și alte lichide sunt și ele folosite în termometre.

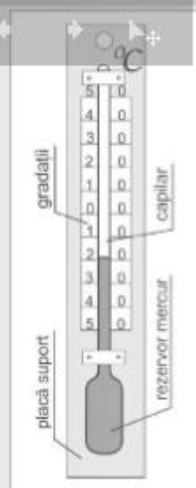


Fig. 2.53



### ȘTIAȚI CĂ...?

Termometrul a fost inventat de **Galileo Galilei**.

Termometrul etanș a fost inventat abia în anul 1650.

Termometrele cu alcool și mercur sunt invențiile fizicianului german **Gabriel Fahrenheit**.

Tot **Fahrenheit** a propus prima scală termometrică larg folosită în cadrul sistemului anglo-saxon de unități de măsură, ce-i poartă numele, în care 32 F este punctul de înghețare al apei și 212 F este punctul de fierbere al acesteia la o presiune atmosferică normală.

Pirometrul optic este folosit pentru a măsura temperatura obiectelor solide la temperaturi mai mari de 70 °C unde majoritatea celorlalte termometre s-ar topi. La o asemenea temperatură ridicată, solidele radiază suficientă energie în raza vizuală pentru a permite măsurări optice folosind fenomenul glow color (de la roșu spre alb). Culoarea la care strălucirea obiectelor fierbinți se schimbă de la roșu-închis trecând prin galben și atingând aproape culoarea albă. Pirometrul conține un filament de tipul celui din becul obișnuit controlat de un reostat care este calibrat în așa fel încât culorile în care filamentul strălucește să corespundă unor temperaturi specifice. Temperatura unui obiect strălucitor poate fi măsurată prin observarea obiectului prin pirometru și prin ajustarea reostatului până când filamentul se îmbină în imaginea obiectului. În acest punct, temperatura filamentului și a obiectului este egală și poate fi citită de pe reostatul calibrat.

**Termometrele cu variație de volum** se bazează pe modul în care reacționează o anumită substanță, în funcție de temperatura la care este supusă.

**Termometrul cu variație de presiune, sau manometric, ajută la citirea unor temperaturi cuprinse între valorile de - 40 °C și 200 °C, folosind lichide precum: propan, freon, clorură de etil, eter etilic, benzen, care produc vapori saturați.**

**Termometrele cu variație a rezistenței electrice** funcționează cu ajutorul unor metale care trebuie să aibă coeficientul termic de rezistență mare, rezistivitate electrică mare și să nu acționeze chimic cu mediul în care se măsoară temperatura.

La termometrele de sticlă cu lichid, lichidul termometric este un lichid cu coeficient mare de dilatare (mercur, alcool etilic, toluen etc.). El se găsește într-un mic rezervor de sticlă, care se continuă cu un tub capilar, tot din sticlă, vidat deasupra lichidului și închis. Atunci când rezervorul sau întregul ansamblu este încălzit prin introducerea sa într-un mediu aflat la o temperatură mai ridicată decât temperatura inițială a lichidului, acesta își mărește volumul și se urcă în capilar, cu atât mai mult, cu cât temperatura este mai mare.

**Schema de lucru**

**Nomenclatorul aparatelor**

- T<sub>1</sub> - termometre etalon de sticlă cu mercur (0 – 200 °C);
- T<sub>2</sub> - termometre de etalonat de sticlă cu mercur (0 – 100 °C);
- 1 - vas cu apă și gheață (DEWAR);
- 2 - reșou;
- 3 - suport – stativ (pentru susținerea termometrelor);
- Vas cu gheață (DEWAR);
- Alcool medicinal;
- Apă distilată;
- Cronometru.

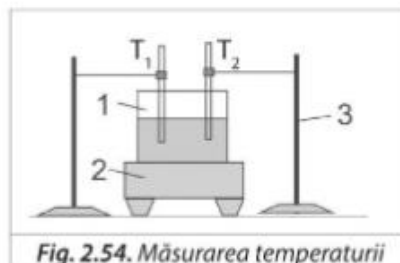


Fig. 2.54. Măsurarea temperaturii

**Modul de lucru**

Se umple un vas cu gheață pisată și apoi se pune apă cât cuprinde. Se cufundă termometrele în vas și se așteaptă 10–15 min. pentru stabilirea echilibrului termic. Se face apoi citirea și se notează temperatura la care a ajuns mercurul, la ambele termometre. Se spală apoi termometrele cu alcool și apă distilată, se șterg și apoi se introduc în vasul de apă care are o anumită temperatură. Se notează temperatura indicată de termometre. Se repetă operația de 2–3 ori, notându-se de fiecare dată temperaturile care sunt indicate de cele două termometre.

Rezultatele măsurătorilor se trec în tabelul de mai jos:

**Modul de lucru**

Se umple un vas cu gheață pisată și apoi se pune apă cât cuprinde. Se cufundă termometrele în vas și se așteaptă 10–15 min. pentru stabilirea echilibrului termic. Se face apoi citirea și se notează temperatura la care a ajuns mercurul, la ambele termometre. Se spală apoi termometrele cu alcool și apă distilată, se șterg și apoi se introduc în vasul de apă care are o anumită temperatură. Se notează temperatura indicată de termometre. Se repetă operația de 2–3 ori, notându-se de fiecare dată temperaturile care sunt indicate de cele două termometre.

Rezultatele măsurătorilor se trec în tabelul de mai jos:

Tabele cu rezultate

Determinarea	Temperatura la T <sub>1</sub> (°C)	Temperatura la T <sub>2</sub> (°C)
1		
2		
3		
4		

**Observații**

Determinarea inerției termometrului de sticlă se face în felul următor:

- vasul cu apă va avea temperatura de lucru de 100 °C;
- se introduce termometrul T<sub>1</sub> în vasul cu apă și se lasă 10–15 min.;
- se măsoară temperatura din vas t<sub>1</sub>;
- se scoate termometrul și se introduce în vasul cu gheață (Dewar). Se măsoară timpul  $\vartheta_1$  până când nivelul coloanei de lichid ajunge la temperatura de 0 °C;
- se reintroduce termometrul în vasul cu apă fierbinte și se măsoară timpul  $\vartheta_2$  până când temperatura indicată va fi cea anterioară t<sub>1</sub>.

Inerția medie poate fi considerată ca fiind dată de relația:  $\vartheta_{med} = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2}$