

Material 1

1. MĂSURAREA ÎN CONTEXTUL DEZVOLTĂRII TEHNICO - ȘTIINȚIFICE

Fapt rareori subliniat așa cum s-ar fi cuvenit, metodele și instrumentele de măsurare au avut un rol esențial în contextul general al dezvoltării tehnico-științifice. Perfecționarea instrumentelor de măsurat a fost totdeauna strâns legată de evoluția activităților tehnice, industriale. Spre exemplu, într-un manual din 1856 este ilustrată folosirea busolei cu arc suspendat (clinometru) pentru măsurarea unghiului de înclinare a suprafeței pământului sau a straturilor geologice față de planul orizontal. Activitatea inginerului măsurist din domeniul exploatărilor miniere era considerată „artă” (Markscheidekunst) și este interesant de înțeles rolul fiecărui „artist” din Fig.1.

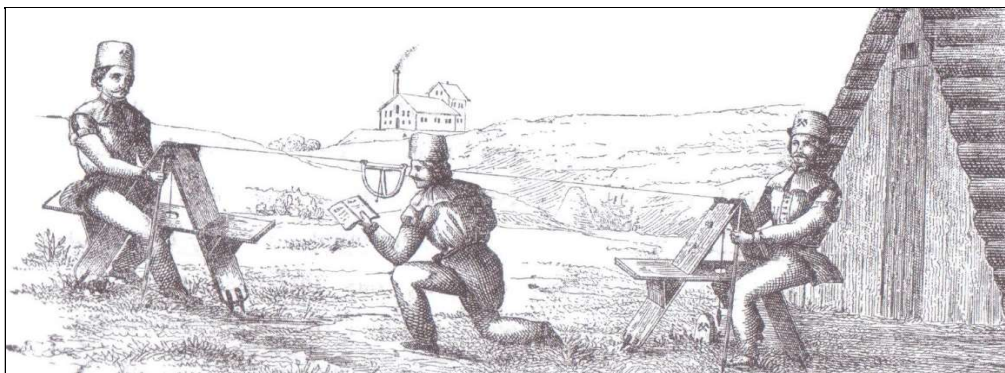


Fig.1. Un clinometru străvechi: „busola cu arc suspendat”.

Fabrica din fundalul imaginii și însemnele mineritului de pe turbanele standard, descriu indubitabil domeniul activității. Cabina care garanta păstrarea în siguranță a instrumentelor și uniforma standard a celor trei lucrători, arată prețuirea de care măsurătorii și activitatea lor se bucurau în epocă. Semnificativ este și faptul că cel care citește direct unghiul indicat de clinometru, folosește o carte, de exemplu pentru a converti indicația „busolei” în diferența de nivel dintre capetele firului suspendat, în funcție de distanța dintre aceste repere.

Vorbind despre distanță, trebuie amintit că în vechime, dimensiunile liniare (lungime, lățime, înălțime) se măsurau în „picioare” („foot” sau, la plural, „feet” în limba engleză). Pentru a sublinia vechimea acestei unități de măsură, în literatura tehnică de limbă engleză se spune că „foot” (reprezentând aproximativ a treia parte dintr-un metru, adică un pas, mai exact 30,48cm), aparține „sistemului imperial” al unităților de măsură. Dacă, în prezent, „piciorul” („foot”) nu mai este practic folosit ca unitate de lungime, alte unități de măsură aparținând „sistemului imperial”, încă se folosesc. Un exemplu în acest sens este caloria, ca unitate de măsurare a energiei. Denumirea vine de la cuvântul latinesc „calor” care înseamnă căldură, ori după cum se știe, căldura este o formă de energie datorată mișcării haotice a moleculelor din componența corpurilor. Cine dorește să câștige în greutate sau să acumuleze masă musculară, va primi recomandarea să consume „alimente bogate în calorii” (stafide, arahide, ciocolată neagră, etc.) și nicidecum alimente bogate în jouli. O altă unitate de măsură aflată încă în folosință, deși aparține străvechiului „sistem imperial”, este „calul-putere” („horsepower”, notat HP). Calul-putere a fost introdus ca unitate de măsură la sfârșitul secolului al XVIII-lea, în legătură cu perfecționarea motorului cu abur, care a contribuit substanțial la dezvoltarea industrială. În prezent această unitate de măsură, echivalând cu 745,7Watt este folosită pentru a caracteriza puterea motoarelor. În urma unei directive din 2010, în Uniunea Europeană, calul-putere poate fi folosit doar ca unitate de măsură suplimentară.

O treaptă superioară în definirea unui ansamblu al unităților de măsură, a fost așa-numitul „sistem metric”, bazat pe metru, litru și gram ca unități fundamentale. La baza acestui sistem stă unitatea de lungime numită metru (după cuvântul grecesc „metron” care înseamnă „măsură”). Ca idee, un metru etalon

definit ca a zece-milioana parte din sfertul meridianului pământesc ce trece prin Paris, se păstrează la „Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți“ (Sèvres – Franța), sub forma unei rigle dintr-un aliaj (90% platină și 10% iridiu), ținută la temperatura de 0°C. Similar, o măsură etalon este păstrată și pentru unitatea numită kilogram, corespunzătoare masei ca mărime fizică. În sistemul metric se folosește un set de puteri pozitive sau negative ale lui 10, drept prefixe pentru a obține unități de măsură mai mari, respectiv mai mici. Dar indiferent de faptul că se mai folosesc unele unități de măsură „imperiale“ sau „metrice“, important este că pe baza acestora s-a definit un Sistem Internațional al Unităților de Măsură (SI), care în prezent este unanim acceptat și utilizat.

2. SISTEMUL INTERNAȚIONAL (SI) AL UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ

SI conține un număr de șapte unități de măsură fundamentale și un număr nelimitat de unități de măsură derivate. Unitățile de măsură fundamentale sunt: metrul (pentru Lungime – L), kilogramul (pentru Masă – M), secunda (pentru Timp – T), amperul (pentru Intensitatea curentului electric – I), kelvinul (pentru Temperatura Termodinamică -TT), molul (pentru Cantitatea de Substanță – CS) și candela (pentru Intensitatea Luminoasă – IL). Este de remarcat faptul că, spre deosebire de sistemele „imperial“ și „metric“, în cadrul Sistemului Internațional unitățile de măsură au parte de o definiție mai riguroasă iar denumirile unora dintre acestea fac trimitere la importante personalități științifice cu aport în domeniu. Pentru exemplificare, mai jos se prezintă în formă tabelară câteva unități de măsură, fundamentale sau derivate. În principal este vorba de unități de măsură aparținând Sistemului Internațional, dar și de câteva unități uzuale din sistemele de unități „metric“, respectiv „imperial“.

Progresul cunoașterii în domeniul fizicii a permis ca în Sistemul Internațional (SI) să se stabilească o valoare foarte exactă a etalonului pentru unitatea de lungime (L), metrul. Astfel, conform teoriei relativității a lui Einstein, viteza luminii în vid este o constantă fizică universală care a putut fi determinată ca fiind: $c = 299792458 \text{ m/s}$. (Notația c provine de la cuvântul latinesc *celeritas* care înseamnă viteză). În acest context științific, metrul etalon reprezintă distanța pe care lumina ce se propagă în vid, o străbate într-un interval de timp de $(1/299792458)$ secunde, cu precizarea că viteza luminii în oricare alt mediu este mai mică decât c . Cele trei unități de măsură cuprinse în Tab.1.1, aparțin SI și relațiile dintre ele pot fi citite pe linie. De exemplu, $1\text{mm} = 1\text{mm} = 10^{-3}\text{m} = 10^{-6}\text{km}$. Similar, în Tab.1.2, se poate citi că $1\text{mm}^2 = 1\text{mm}^2 = 10^{-6}\text{m}^2$.

Tab.1.1 Unități de măsură pentru lungime (L)

L	mm	m	km
mm	1	10^{-3}	10^{-6}
m	10^3	1	10^{-3}
km	10^6	10^3	1

Tab.1.2 Unități de măsură pentru arie (A)

A	mm^2	m^2	km^2
mm^2	1	10^{-6}	-
m^2	10^6	1	10^{-6}
km^2	-	10^6	1

Spre deosebire de dimensiunea liniară numită lungime, care este o mărime fundamentală, aria este o mărime derivată, dar de largă utilizare. Unitățile de măsură mm^2 , m^2 și km^2 țin tot de SI iar cele două liniute din Tab.1.2 arată că este absurd să se exprime o suprafață de ordinul câtorva mm^2 , în km^2 sau o suprafață de ordinul km^2 , în mm^2 .

Volumul, la care se referă Tab.1.3, este de asemenea o mărime derivată frecvent întâlnită, bazată pe unitatea fundamentală numită metru. Din cele patru unități de măsură cuprinse în tabel, mm^3 și m^3 aparțin Sistemului Internațional, iar litrul (l) și submultiplul său ml , țin de sistemul metric al unităților de măsură. Mai mult, se poate afirma că litrul este principala unitate de măsură care exprimă capacitatea

recipientelor de a înmagazina lichide. Deși unitatea de volum cm^3 nu este cuprinsă în Tab.1.3, datorită mărimii ei ușor de intuit fizic, merită reținută relația: $1l = 10^3 \cdot cm^3 = 10^{-3} \cdot m^3$.

Tab.1.3 Unități de măsură pentru volum (V)

V	mm^3	ml	l	m^3
mm^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}
ml	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}
l	10^6	10^3	1	10^{-3}
m^3	10^9	10^6	10^3	1

Gramul, kilogramul și tona, ca unități de măsură pentru masă (mărimă fundamentală), sunt cuprinse în Tab.1.4 și aparțin toate Sistemului Internațional. Unitatea de măsură fundamentală și uzuală în același timp, este kilogramul, cu relația evidentă: $1kg = 10^3g = 10^{-3}t$.

Tab.1.4 Unități de măsură pentru masă (M)

M	g	kg	t
g	1	10^{-3}	10^{-6}
kg	10^3	1	10^{-3}
t	10^6	10^3	1

Pe baza mărimii fundamentale numită masă și a mărimii derivate care este volumul, se definește o altă mărime derivată: densitatea (**D**, notată cu litera grecească ρ). Unitatea de măsură kg/m^3 ține de SI, iar unitatea g/cm^3 aparține sistemului metric (Tab.1.5).

Tab.1.5 Unități de măsură pentru densitate (ρ)

D	kg/m^3	g/cm^3
kg/m^3	1	10^{-3}
g/cm^3	10^3	1

Forța (**F**), ca mărime fizică derivată ce descrie interacțiunea dintre două corpuri, oferă un prim exemplu în care unitatea de măsură este denumită după un savant cu contribuție majoră în domeniu. Într-adevăr, unitatea de măsură pentru forță se numește *newton* (**N**), după marele Isaac Newton (1643-1727), cel care a formulat legea după care un corp de masă m asupra căruia acționează forța \vec{F} , își va modifica accelerația \vec{a} proporțional cu forța \vec{F} și invers proporțional cu masa m : $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$. Astfel, 1N este valoarea forței care acționând asupra unui corp cu masa de 1kg, îi imprimă acestuia o accelerație de $1 m/s^2$ ($1N = 1kg \cdot 1(m/s^2)$).

Tab.1.6 Unități de măsură pentru forță (F)

F	N	kN
N	1	10^{-3}
kN	10^3	1

O mărime fizică derivată cu mare impact asupra vieților noastre este, desigur, viteza (Tab.1.7). Unitățile de măsură m/s și km/h aparțin Sistemului Internațional, dar unitatea de măsură cu cea mai largă utilizare este km/h , și aceasta ține de sistemul metric: $1km/h = 277,778mm/s = 0,277778m/s$. Merită reținută și relația $1m/s = 3,6km/h$.

Tab.1.7 Unități de măsură pentru viteză (v)

Vit	mm/s	m/s	km/h
mm/s	1	10^{-3}	$3,6 \cdot 10^{-3}$
m/s	10^3	1	3,6
km/h	277,778	0,277778	1

Puterea (P) ca mărime derivată, descrie capacitatea unui sistem fizic de a efectua un lucru mecanic în unitatea de timp; altfel spus, puterea reprezintă energia cedată sau primită de sistemul fizic în interval de o secundă. Unitatea de măsură pentru putere este numită watt (W), în onoarea marelui inginer și inventator scoțian James Watt (1736-1819), care între alte contribuții a îmbunătățit substanțial motorul cu abur marcând astfel revoluția industrială până în prima jumătate a secolului al XX-lea. Dintre unitățile de măsură incluse în Tab.1.8, *W* și *kW* aparțin Sistemului Internațional, în timp ce calul-putere (*HP*), așa cum s-a arătat, ține de vechiul sistem „imperial”. Orientativ, se poate observa că *1HP* este cu aproximativ 34% mai mare decât *1kW*.

O altă mărime fizică derivată dar extrem de importantă este energia (E), cu diferitele ei forme (mecanică, electrică, nucleară, etc.) care se pot transforma una în cealaltă. Energia descrie capacitatea unui sistem fizic de a efectua un lucru mecanic atunci când trece dintr-o stare în alta. În Sistemul Internațional, unitatea de măsură pentru energie (Tab.1.9) este numită joule (J), în cinstea fizicianului englez James Prescott Joule (1818-1889) și reprezintă, de exemplu, energia (mecanică) transferată de o forță de *1N* unui corp pe care îl deplasează pe distanță de *1m*, pe direcția și în sensul forței. Așa cum s-a arătat, caloria (cal) aparține sistemului „imperial” de unități, pe când unitatea kilowatt-oră (kWh) se încadrează în sistemul „metric”. Orientativ, conform Tab.1.9, *caloria* reprezintă circa un sfert de *joule*, pe când *1kWh* contează ca peste un milion de calorii.

Tab.1.8 Unități de măsură pentru putere (P)

P	W	kW	HP
W	1	10^{-3}	$1,341 \cdot 10^{-3}$
kW	10^3	1	1,341
HP	745,7	0,7457	1

Tab.1.9 Unități de măsură pentru energie (E)

E	J	kWh	cal
J	1	$2,778 \cdot 10^{-7}$	0,2388
kWh	$3,6 \cdot 10^6$	1	859680
cal	4,1868	$1,163 \cdot 10^{-6}$	1

Intensitatea curentului electric (I) este o mărime fizică fundamentală, iar unitatea sa de măsură în Sistemul Internațional este numită amper (A), în memoria fizicianului francez André-Marie Ampere (1775-1836). Există mai multe definiții ale amper-ului, bazate pe diferite legi fizice. Astfel, „*amperul electromagnetic*” este definit pe baza forței electromagnetice care se manifestă între două conductoare paralele și rectilinii, de secțiune transversală neglijabilă și lungime foarte mare (teoretic infinită) în comparație cu distanță de *1m* dintre ele, aflate în vid și parcurse de curenți egali. Valoarea comună a curenților este de *1A*, dacă în condițiile specificate între cele două conductoare se manifestă o forță electromagnetică (de atracție sau de respingere, după cum curenții sunt de același sens ori de sensuri contrare) de $2 \cdot 10^{-7}N$ pe fiecare metru din lungimea conductoarelor. Unitatea de măsură fundamentală numită amper se scrie tot-deauna cu majusculă, (A), iar relațiile cu submultipli uzuali μA și *mA* sunt evidente, conform Tab.1.10.

Tab.1.10 Unități de măsură pentru intensitatea curentului (I)

I	μA	mA	A
μA	1	10^{-3}	10^{-6}
mA	10^3	1	10^{-3}
A	10^6	10^3	1

Tensiunea electrică (**U**) este o mărime derivată de largă utilizare, atât în formă continuă (constantă), cât și în formă alternativă (sinusoidală). Unitatea de măsură corespunzătoare este numită volt (**V**) și se scrie cu majusculă, în onoarea fizicianului italian Alessandro Volta (1745-1827). Acesta a inventat „pila electrică” (bateria), care transformă energia chimică în energie electrică și poate furniza un curent continuu de mică intensitate. Sunt evidente relațiile cuprinse în Tab.1.11, ca de exemplu, $1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^{-3}\text{kV}$.

Tab.1.11 Unități de măsură pentru tensiunea electrică (U)

U	mV	V	kV
mV	1	10^{-3}	10^{-6}
V	10^3	1	10^{-3}
kV	10^6	10^3	1

O unitate de măsură de interes atât pentru domeniul electric cât și pentru cel mecanic este frecvența (Fr). Unitatea de măsură este numită hertz (Hz), după fizicianul german Heinrich Hertz (1857-1894) și reprezintă un ciclu (interval în care se repetă un fenomen periodic) pe secundă. Este de înțeles că în domeniul electric se întâlnesc frecvențe mai mari (de ordinul kHz, MHz sau chiar GHz) decât în domeniul mecanic (Tab.1.12).

Tab.1.12 Unități de măsură pentru frecvență (Fr)

Fr	Hz	kHz	MHz
Hz	1	10^{-3}	10^{-6}
kHz	10^3	1	10^{-3}
MHz	10^6	10^3	1

Ultima mărime fizică derivată, la care ne referim cu privire la unitățile de măsură, este temperatura (T). Aceasta caracterizează starea termică a corpurilor și oferă avantajul „didactic” de a fi ușor intuită, atât ca parametru al mediului înconjurător cât și ca mărime de stare a propriului organism. Unitatea de măsură uzuală pentru temperatură este gradul Celsius ($^{\circ}\text{C}$), denumit astfel după astro-nomul suedez Anders Celsius (1701-1744). Acesta a fixat ca origine a scalei temperaturilor, punctul triplu al apei (temperatura la care stările solidă, lichidă și gazoasă ale apei se află într-un echilibru termodinamic): $0,01^{\circ}\text{C} \cong 0^{\circ}\text{C}$. În schimb, scara de temperatură absolută (numită scara Kelvin, după fizicianul britanic William Thomson, alias Lord Kelvin [1824 – 1907]) are fixată originea la temperatura la care moleculele unui gaz perfect (model teoretic de gaz care nu se lichefiază) nu mai au energie de deplasare: $0^{\circ}\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$. Ca valoare absolută, gradele Celsius și Kelvin sunt egale: $|1^{\circ}\text{C}| = |1^{\circ}\text{K}|$.

$$\text{n(nano)}=10^{(-9)}$$

$$\mu(\text{micro})=10^{-6}$$

$$\text{m(mili)}=10^{-3}$$

$$\text{k(kilo)}=10^3$$

$$\text{M(mega)}=10^6$$

$$\text{G(giga)}=10^9$$

$$\text{T(tera)}=10^{12}$$