Libris .RO
Respect pentru oameni și cărți

Traian Anghel

Ghid de FIZICĂ pentru clasa a IX-a și bacalaureat

MECANICĂ

PRESTIGE
București - 2019

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

Cuprins

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

Capitolul 1 Mărimi fizice şi unităţi de măsură

O mărime fizică descrie cantitativ o proprietate a unui corp, a unei stări sau a unui câmp. Aceasta poate fi utilizată ca atare sau în relaţii care exprimă dependenţe fizice.

Mărimile fizice pot fi măsurate direct sau pot fi determinate prin calcul utilizînd alte mărimi măsurabile, legătura dintre acestea fiind stabilită prin intermediul legilor fizice.

În continuare sunt prezentate o serie de consideraţii teoretice referitoare la mărimi fizice şi unităţi de măsură.

1.1. Mărimi fizice: măsurare, reprezentare şi clasificare

Una dintre cele mai importante activităţi în fizică este măsurarea mărimilor fizice. Activitatea presupune utilizarea unei *metode de măsurare*, prin intermediul căreia se asociază unei mărimi fizice un număr real denumit *valoare*, în raport cu o mărime fizică de referinţă de aceeaşi natură, denumită *unitate de măsură*.

<u>**Definiţie**</u> *A măsura* o mărime fizică înseamnă a stabili de câte ori se cuprinde în ea o altă mărime de aceeaşi natură, bine definită şi aleasă prin convenţie drept unitate de măsură.

Uzual, o mărime fizică este reprezentată printr-un simbol, de regulă o literă din alfabetul latin sau grecesc, inclusă adesea în denumirea mărimii, e.g., I pentru intensitatea curentului electric, σ pentru efortul unitar.

1.1.1. Valoare numerică şi unitate de măsură

Dacă A este simbolul unei mărimi fizice, a este valoarea sa numerică (notată uneori şi cu simbolul $\{A\}$), iar $[A]$ este unitatea de măsură, se poate scrie:

$$\boxed{a = \frac{A}{[A]},\ A = a\ [\mathrm{A}] \text{ sau } A = a \cdot [A]}$$

Ansamblul format din valoarea numerică şi unitatea de măsură ale mărimii fizice alcătuiesc *valoarea cantitativă* (pe scurt, *valoarea*) a acesteia. Ultimele

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

două relații dintre cele trei anterioare arată că valoarea unei mărimi fizice este egală cu produsul dintre valoarea numerică și unitatea de măsură utilizată. Se impun condițiile: (1) A și $[A]$ să aibă aceeași natură și (2) $a \neq 0$.

Dacă mărimea fizică A se măsoară utilizând două unități de măsură diferite, $[A]_1$ și $[A]_2$, rezultă:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{A/[A]_1}{A/[A]_2} = \frac{[A]_2}{[A]_1} = R$$

Relația obținută arată că raportul valorilor numerice ale unei mărimi fizice este egal cu inversul raportului unităților de măsură utilizate. Numărul R se numește *factor* (sau *raport*) *de transformare.* De exemplu, în cazul masei, dacă $[A]_1 = \mathrm{kg}$ (kilogram), iar $[A]_2 = \mathrm{g}$ (gram), se obține $R = 1/10^3 = 10^{-3}$.

În principiu, pentru fiecare mărime fizică se poate alege o unitate de măsură arbitrară, dar în acest caz legile fizice s-ar exprima prin formule care ar conține *coeficienți numerici paraziți*, dependent de unitățile folosite, așa cum se observă în cele ce urmează. Se consideră mărimea C, care se exprimă în funcție de mărimile A și B sub forma $C = A \cdot B$. Se poate scrie $C = c\ [C]$, $A = a\ [A]$ și $B = b\ [B]$, rezultând $c\,[C] = ab\ [A]\cdot[B]$, adică

$$c = \frac{[A]\cdot[B]}{[C} \cdot ab = p\ ab$$

unde s-a notat

$$p = \frac{[A]\cdot[B]}{[C]}$$

Numărul real p se numește *coeficient parazit*, valoarea lui depinzând de unitățile de măsură folosite.

Dacă unitățile de măsură ale tuturor mărimilor fizice ar fi alese arbitrar, coeficienții paraziți neunitari ar complica relațiile existente între acestea. Este evident că lucrurile se simplifică radical în situația în care coeficienții paraziți sunt egali cu unitatea. În cazul descris mai sus, $p = 1$ și, prin urmare, $c = a \cdot b$. De asemenea, se observă că în acest caz $[C] = [A] \cdot [B]$, egalitate numită *relație*

Libris.ro
Respect pentru oameni și cărți

de condiție. Astfel, unitatea de măsură a mărimii C nu mai este arbitrară, ea fiind derivată din unitățile de măsură ale mărimilor B și C.

1.1.2. Reguli pentru scrierea valorilor mărimilor fizice

După cum s-a văzut, valoarea cantitativă (sau, pe scurt, valoarea) unei mărimi fizice, A, este egală cu produsul dintre valoarea sa numerică și unitatea de măsură, $A = a\ [A]$. Pentru scrierea valorii mărimilor fizice sunt utilizate următoarele reguli:

- în expresia care exprimă valoarea mărimii fizice, simbolul unității de măsură este poziționat după valoarea numerică și separat de aceasta printr-un spațiu. Excepția este reprezentată de scrierea simbolurilor pentru unghiul plan (grad, minut, secundă). Se ține seama că la sfârșitul rândului nu este permisă separarea valorii numerice de unitatea de măsură;
- valoarea se exprimă folosind o singură unitate de măsură, e.g., $l = 5{,}345\ \mathrm{m}$, nu sub forma $l = 5\ \mathrm{m}\ 34\ \mathrm{cm}\ 5\ \mathrm{mm}$. Excepție de la regulă face exprimarea duratelor de timp și a unghiurilor plane (deși este preferabil să se utilizeze și în acest caz regula enunțată, e.g., $13{,}20^0$ în loc de $13^0 12'$);
- nu este permisă adăugarea unor caractere la simbolul unității de măsură, cu scopul de a preciza informații suplimentare despre valoarea mărimii fizice, e.g., se va scrie $F_{\mathrm{min}} = 25\ \mathrm{N}$ și nu $F = 25\ \mathrm{N}_{\mathrm{min}}$.

Dacă se dorește să se indice numai valoarea numerică a mărimii, se folosesc acoladele, iar pentru precizarea unității de măsură, se utilizează parantezele pătrate. Astfel, pentru $I = 10\ \mathrm{A}$, se scrie $\{I\} = 10$ și $[I] = \mathrm{A}$. Ca regulă generală de scriere se folosește: "ceea ce este variabil se scrie *cursiv*, iar ceea ce este invariabil sau constant se scrie cu litere drept". Astfel, simbolul mărimii fizice se scrie folosind stilul de scris *cursiv* (*italic*), iar valoarea numerică și simbolul unității de măsură se scriu folosind stilul normal (drept), după cum se poate constata în exemplul oferit anterior, dar și în următorul exemplu: $m = 5\ \mathrm{kg}$.

1.1.3. Reguli pentru efectuarea operațiilor cu mărimi fizice

Cu mărimile fizice se pot efectua o serie de operații matematice (e.g., adunare, scădere, înmulțire). În acest scop este necesară respectarea următoarelor reguli:

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

- adunarea și scăderea sunt posibile numai între mărimi având aceeași *natură*, e.g., masă cu masă, forță cu forță;
- înmulțirea și împărțirea sunt posibile atât pentru mărimi de aceeași natură, cât și pentru mărimi având naturi diferite, dar și tipuri diferite (i.e., scalare și vectoriale), e.g., $m\cdot\vec{v}$, $\vec{F}\cdot\vec{d}$, $\vec{F}/m$, $\vec{F}/S$, m/V;
- deoarece unele funcții, așa cum sunt cele trigonometrice (e.g., sin, cos, tg, ctg) și exponențială se pot defini numai pentru valori numerice, este necesar ca argumentele lor să fie mărimi adimensionale (e.g., $\cos(\omega\cdot t)$, $\sin(\omega\cdot t)$, $p\ V^{\gamma}$);
- diferențiala unei mărimi are aceeași natură cu mărimea însăși (e.g. $d\vec{r}$ și $\vec{r}$, dp și p);
- extragerea radicalului dintr-o mărime este posibilă numai atunci când aceasta este egală cu produsul a două mărimi de aceeași natură (e.g., $v=\sqrt{v_1\cdot v_2}$) sau când sub radical se află produsul unor mărimi având ca rezultat o mărime egală cu pătratul altei mărimi (e.g., $v=\sqrt{2gh}$).

1.1.4. Clasificarea mărimilor fizice

Mărimile fizice se clasifică după mai multe criterii, în continuare fiind prezentate cele mai importante dintre acestea.

Din punct de vedere al modului de introducere într-un domeniu al fizicii se deosebesc:

- mărimi fizice fundamentale;
- mărimi fizice derivate.

Mărimile fizice fundamentale, numite și *independente* sau *primitive* se definesc direct, prin interpretarea datelor experimentale, indicând unitatea de măsură și procedeul de măsurare, acestea neputând fi definite cu ajutorul altor mărimi.

Mărimile fizice derivate se introduc cu ajutorul celor fundamentale direct, prin relații analitice de definiție sau prin legi fizice. De asemenea, mărimile derivate se pot introduce prin intermediul altor mărimi derivate. De exemplu, viteza se introduce prin relația analitică $\vec{v}=d\vec{r}/dt$ (în care $\vec{r}$ este vectorul de poziție, avînd dimensiuni de lungime, iar t este timpul), iar accelerația prin relația

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

analitică $\vec{a} = d\vec{v}/dt$ (în care $\vec{v}$ este viteza). În schimb, forța se introduce în cadrul principiului al doilea al mecanicii, prin $\vec{F} = m\vec{a}$.

Ca şi mărimile fizice, unitățile de măsură se împart în două categorii: *unități fundamentale* şi *unități derivate*. Unitățile derivate depind de cele fundamentale prin aceleaşi relații existente între mărimi.

Observație Nu există vreo lege a naturii care să impună alegerea anumitor mărimi drept fundamentale şi a unităților de măsură corespunzătoare sau care să precizeze numărul acestora. În principiu, s-ar putea alege o singură mărime fizică fundamentală, restul fiind derivate. În practică, se aleg cel puțin trei astfel de mărimi. Astfel, deoarece natura se manifestă în spațiu şi timp, se aleg lungimea şi timpul ca mărimi fundamentale, la care se adaugă o mărime caracteristică internă a materiei, cum este masa sau sarcina electrică. De exemplu, în sistemul CGS (Gauss) sunt utilizate trei unități fundamentale: centimetru (C), gram (G) şi secundă (S). Tot trei unități sunt folosite în sistemul MKS: metru (m), kilogram (kg), secundă (s). În schimb, în Sistemul Internațional de unități, SI, se aleg şapte unități fundamentale.

Ansamblul tuturor unităților de măsură, fundamentale şi derivate, reprezintă un *sistem coerent de unități de măsură*. Într-un astfel de sistem, coeficientul parazit neunitar este eliminat din majoritatea relațiilor dintre mărimile fizice.

Din punct de vedere al existenței proprietății de aditivitate se deosebesc:

- mărimi extensive;
- mărimi intensive.

Mărimile fizice care se adună (adică sunt aditive) la reunirea a două sisteme fizice se numesc mărimi *extensive*. Ca se exemple pot fi amintite mărimi fizice des utilizate, aşa cum sunt masa, lungimea, volumul, cantitatea de substanță, sarcina electrică etc.

Mărimile fizice *intensive* caracterizează local (i.e., punctual) un sistem fizic. De aceea, la reunirea a două sisteme fizice identice, mărimile intensive caracteristice sistemului obținut sunt egale cu cele care caracterizează fiecare dintre sistemele componente. Dintre mărimile intensive pot fi amintite presiunea, temperatura şi densitatea.

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

1.2. Sistemul Internaţional de unităţi de măsură

Este foarte important ca rezultatele măsurării să fie exprimate într-un “limbaj” astfel încât să aibă o semnificaţie unică pentru toată lumea, de pe toate meridianele. Acesta este *Sistemul Internaţional de unităţi*, cunoscut pe scurt ca Sistemul Internaţional, abreviat SI.

Sistemul Internaţional a fost adoptat la a XI-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi (Paris, 1960). Unităţile de măsură incluse în SI sunt divizate în trei clase sau categorii:

- unităţi fundamentale;
- unităţi derivate;
- unităţi suplimentare.

Aceste unităţi formează împreună un sistem coerent de unităţi de măsură. De asemenea, în SI mai sunt incluse şi prefixe necesare pentru formarea multiplilor şi submultiplilor.

1.2.1. Mărimi fizice şi unităţi de măsură fundamentale

În SI sunt incluse şapte unităţi de măsură fundamentale: metru (m), kilogram (kg), secundă (s), mol (mol), kelvin (K), amper (A) şi candela (cd). Acestea sunt unităţile de măsură ale celor celor şapte mărimi fizice fundamentale (a se vedea şi tabelul 1.1), cărora li se asociază un *simbol de dimensiune* (precizat în continuare între paranteze): lungime (l), masă (m), timp (t), cantitate de substanţă (υ), temperatura absolută (T), intensitatea curentului electric (I) şi intensitatea luminoasă (J).

Tabelul 1.1 Mărimi fizice şi unităţi de măsură fundamentale în SI

Nr. crt.	Mărime fizică (m.f.)	Simbol m.f.	Unitate de măsură (u.m.)	Simbol u.m.
1	lungime	l	metru	m
2	masă	m	kilogram	kg
3	timp	t	secundă	s
4	cantitate de substanţă	ν	mol	mol
5	temperatură absolută	T	kelvin	K
6	intensitatea curentului electric	I	amper	A
7	Intensitatea luminoasă	J	candela	cd

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

Metrul este definit (începând cu 1961) pe baza lungimii de undă λ_{Kr} în vid a radiaţiei portocalii a izotopului kripton 86 (Kr^{86}) la tranziţia între nivelele $2p_{10}$ şi $5d_5$: $1m = 1.650.763{,}73 \cdot \lambda_{Kr}$.

Secunda este definită (începând cu 1964) pe baza perioadei T_{Cs} a radiaţiei emise de atomul de cesiu (Cs^{133}) la tranziţia între cele două niveluri hiperfine ale stării fundamentale a acestuia ($^2S_{1/2}$): $1s = 9.192.631.770 \cdot T_{Cs}$.

Kilogramul reprezintă masa unui decimetru cub de apă pură la temperatura de $4\,^0C$. *Molul* este cantitatea de substanţă a unui sistem care conţine un număr de entităţi elementare (atomi, molecule, ioni, electroni etc) egal cu numărul atomilor care se află în $12\,g$ de atomi ai izotopului ^{12}C. *Kelvinul* reprezintă $1/273{,}16$ din temperatura stării triple a apei.

Amperul este intensitatea unui curent electric constant care menţinut în două conductoare paralele, rectilinii, infinit de lungi, cu secţiune neglijabilă, aşezate în vid la distanţa de un metru unul de altul, ar face ca acestea să interacţioneze cu o forţă de $2 \cdot 10^{-7}$ N pe fiecare metru de lungime.

Candela este intensitatea luminoasă, într-o direcţie dată, a unei surse care emite o radiaţie monocromatică cu frecvenţa de $540 \cdot 10^{12}$ Hz şi a cărei intensitate energetică în această direcţie este de $1/683$ watt pe steradian.

1.2.2. Mărimi fizice şi unităţi de măsură derivate

Mărimile fizice derivate se exprimă – folosindu-le pe cele fundamentale – printr-o relaţie de definiţie. *Ecuaţia dimensională* sau *formula dimensională* a unei mărimi derivate se obţine înlocuind mărimile fundamentale în relaţia de definiţie prin simbolul de dimensiune corespunzător. În această ecuaţie, simbolul mărimii derivate se introduce între paranteze unghiulare, e.g., $<v>$, $<a>$, $<F>$. În continuare sunt oferite câteva de exemple se scriere a ecuaţiei dimensionale pentru mărimi fizice derivate des întâlnite.

Ţinând seama că definiţia vitezei (în mişcarea rectilinie uniformă) este $v = \Delta x/\Delta t$, ecuaţia dimensională a vitezei este $<v> = l/t = l \cdot t^{-1}$ (se ţine seama că deplasarea Δx este o lungime, iar durata deplasării Δt este un timp). De asemenea, definiţia acceleraţiei (în mişcarea rectilinie uniform accelerată) este

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

$a = \Delta v/\Delta t$ (în care variaţia vitezei Δv este ea însăşi o viteză), iar ecuaţia dimensională a acceleraţiei este $<a>=<v>/t = l \cdot t^{-2}$.

Dacă relaţia de definiţie conţine un factor numeric, diferenţiale sau derivate ale unor mărimi, factorul numeric, precum şi simbolul diferenţialelor (e.g. δ) şi/sau simbolul derivatelor (ca în exemplul $\partial V/\partial T$) se ignoră când se stabileşte ecuaţia dimensională. De exemplu, relaţia de definiţie a energiei cinetice este $E_c = mv^2/2$, iar ecuaţia dimensională a acesteia este $< E_c >= m \cdot < v >^2 = m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$ (s-a ignorat factorul numeric $1/2$). Relaţia de definiţie a lucrului mecanic este $\delta L = \vec{F} \cdot \delta \vec{r}$, iar ecuaţia dimensională a acestuia este $< L >=< F > \cdot l = m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$ (s-a ignorat simbolul diferenţialei, δ), deoarece $< F >= m \cdot < a >= m \cdot l \cdot t^{-2}$.

În general, în SI, ecuaţia dimensională a unei mărimi fizice derivate A se exprimă sub forma:

$$\boxed{< A >= l^{\alpha} \cdot m^{\beta} \cdot t^{\gamma} \cdot \nu^{\delta} \cdot T^{\varepsilon} \cdot I^{\sigma} \cdot J^{\omega}}$$

în care α, β, γ, δ, σ, ε, şi ω sunt numere raţionale, acestea reprezentând *dimensiunea* mărimii fizice A în raport cu mărimile fizice fundamentale.

Dacă mărimea fizică derivată este definită în cadrul mecanicii, aceasta se scrie folosind primele trei mărimi fizice fundamentale, respectiv l, m şi t (exponenţii α, β şi γ sunt numere întregi). Fie două astfel de mărimi, notate A şi B, având formulele dimensionale:

$$< A >= l^{\alpha_1} \cdot m^{\beta_1} \cdot t^{\gamma_1}, \; < B >= l^{\alpha_2} \cdot m^{\beta_2} \cdot t^{\gamma_2}$$

Egalitatea $< A >=< B >$ este adevărată dacă dimensiunile celor două mărimi în raport cu aceeaşi mărime fundamentală sunt egale, i.e. $\alpha_1 = \alpha_2$, $\beta_1 = \beta_2$ şi $\gamma_1 = \gamma_2$. Aceste egalităţi exprimă *principiul omogenităţii dimensionale a formulelor fizice*. O formula corectă este întotdeauna omogenă dimensional. Se observă că două mărimi cu naturi diferite pot avea în SI aceleaşi dimensiuni (e.g., lucrul mecanic şi momentul forţei).

Unităţile de măsură derivate se scriu în funcţie de unităţile fundamentale utilizând aceleaşi relaţii stabilite între mărimile fizice derivate şi mărimile fundamentale. O unitate derivată se notează punând în paranteză pătrată

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

simbolul mărimii fizice, iar ca indice simbolul SI, precizând astfel sistemul de unităţi de măsură utilizat, adică Sistemul Internaţional; e.g. cu $[v]_{\mathrm{SI}}$ se notează unitatea de măsură a vitezei. *Ecuaţia unităţii de măsură* se obţine înlocuind în ecuaţia dimensională mărimile fizice fundamentale cu unităţile lor. Iată câteva exemple:

- ţinând seama că ecuaţia dimensională pentru viteză este $<v>=l \cdot t^{-1}$, ecuaţia unităţii pentru viteză va fi $[v]_{\mathrm{SI}}=\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$;
- în cazul acceleraţiei, ecuaţia dimensională este $<a>=l \cdot t^{-2}$, iar ecuaţia unităţii de măsură va fi $[a]_{\mathrm{SI}}=\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$;
- ecuaţia dimensională pentru forţă este $<F>=l \cdot m \cdot t^{-2}$, iar ecuaţia unităţii de măsură va fi $[F]_{\mathrm{SI}}=\mathrm{m} \cdot \mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^{-2}$.

Analiza dimensională permite determinarea unor formule sau legi fizice, plecând de la constatări experimentale şi utilizând principiul omogenităţii dimensionale a formulelor fizice. De exemplu, se ştie din experienţă că perioada unui pendul gravitaţional, T, depinde de lungimea sa, l, şi de acceleraţia gravitaţională, g. Se poate scrie $T=\text{const.} \cdot l^{\alpha} \cdot g^{\beta}$, unde α şi β sunt constante numerice. Trecând la dimensiuni, se poate scrie $<T>=l^{\alpha} \cdot (l \cdot t^{-2})^{\beta}=l^{\alpha+\beta} \cdot t^{-2\beta}$. Indentificând exponenţii, se obţine $0=\alpha+\beta$ şi $1=-2\beta$, de unde $\alpha=-1/2$ şi $\beta=-1/2$. Rezultă că perioada pendulului gravitaţional are expresia $T=\text{const.} \cdot \sqrt{l/g}$.

1.2.3. Unităţi de măsură suplimentare

În SI sunt utilizate două unităţi de măsură suplimentare, anume radianul (pentru unghiul plan) şi steradianul (pentru unghiul solid).

Radianul (având simbolul *rad*) este unghiul plan cu vârful în centrul unui cerc, care delimitează pe circumferinţa acestuia un arc a cărui lungime este egală cu raza cercului. Steradianul (având simbolul *sr*) este unghiul solid care, având vârful în centrul unei sfere, delimitează pe suprafaţa acesteia o suprafaţă a cărei arie este egală cu cea a unui pătrat cu latura egală cu raza sferei.

Observaţie Unităţile SI suplimentare sunt considerate a fi unităţi derivate adimensionale (cu valoarea unu, având simbolul 1). În practică, atunci când se exprimă valoarea unei mărimi derivate care conţine unghiul plan sau unghiul

Libris.RO
Respect pentru oameni și cărți

solid, pentru o mai bună înţelegere, în locul numărului 1 se utilizează denumirile speciale (simbolurile) radian (rad) şi steradian (sr). De exemplu, cu toate că valoarea vitezei unghiulare $\omega = \Delta\theta/\Delta t$ (aceasta fiind raportul dintre unghiul plan şi timp) poate fi exprimată în unitatea de măsură s^{-1}, în practică se preferă unitatea rad/s.

Se poate face o clasificare a unităţilor de măsură derivate în patru categorii, în funcţie de modul de scriere a acestora, astfel:

- unităţi derivate care se scriu în funcţie de unităţi fundamentale, e.g. $\frac{m}{s}$, $\frac{m}{s^2}$, $\frac{kg}{m^3}$;
- unităţi derivate care se scriu în funcţie de unităţi fundamentale, având denumiri speciale, e.g., $N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$ (newton), $Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$ (pascal), $J = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$ (joule);
- unităţi derivate care se scriu în funcţie de unităţi cu denumiri speciale şi unităţi fundamentale, e.g., $\frac{N}{m^2}$, $N \cdot m$, $\frac{J}{K}$, $\frac{J}{kg \cdot K}$, $\frac{V}{m}$, $\frac{C}{m^2}$, $\frac{F}{m}$;
- unităţi derivate care se scriu în funcţie de unităţi suplimentare şi unităţi fundamentale, e.g. $\frac{rad}{s}$, $\frac{rad}{s^2}$, $\frac{W}{sr}$.

Observaţie Unităţile de măsură care poartă numele unui om de ştiinţă se scriu cu literă mică, iar simbolurile cu literă mare, e.g., newton (N), amper (A), pascal (P), kelvin (K), joule (J), volt (V), farad (F), coulomb (C), watt (W), ohm (Ω), weber (Wb), tesla (T), henry (H), hertz (Hz), becquerel (Bq).

Orice unitate derivată poate fi exprimată utilizând modalităţi diferite, folosind unităţi fundamentale sau unităţi derivate care poartă denumiri speciale. În practică, pentru a deosebi mărimile care au aceeaşi exprimare în funcţie de unităţile fundamentale, se preferă utilizarea unităţilor cu denumiri speciale sau a combinaţiilor de unităţi. De exemplu, unitatea de măsură a frecvenţei se exprimă mai degrabă prin hertz (Hz) decât prin unu pe secundă ($1/s = s^{-1}$). În