

## Considerații asupra calculului de erori

Metodele optice folosite la măsurarea mărimilor fizice sunt în general foarte precise. Totuși, în timpul măsurătorilor pot interveni diferiți factori perturbatori care generează apariția erorilor de măsură.

În limbajul comun, *eroare* înseamnă "greșeală". Din punctul de vedere al fizicianului experimentator, *eroare* înseamnă "incertitudine, nesiguranță".

Pentru determinarea mărimilor fizice se folosesc instrumente de măsură, care au o anumită precizie. Nici o măsurătoare nu este absolută. Măsurând de mai multe ori aceeași mărime fizică, în aceleași condiții, cu aceleași mijloace, se observă că rezultatele obținute sunt diferite. Diferențele ce apar depind de construcția instrumentelor de măsură, de observator, sau de alți factori.

*Acuratețea* unui experiment ne arată cât de aproape este rezultatul măsurătorii de valoarea adevărată. Deci, acuratețea este o măsură a corectitudinii rezultatelor.

*Precizia* unui experiment este o măsură a exactității determinării rezultatului. Precizia este o măsură a reproductibilității rezultatului.

Măsurătorile fizice sunt afectate de trei tipuri de erori: erori sistematice, erori instrumentale și erori statistice.

*Erorile sistematice* apar repetat (sistematic) de fiecare dată când se efectuează experimentul. Aceste erori pot să apară datorită

- decalibrării instrumentului de măsură (ex: folosirea unui ceas care întârzie);
- ignorării anumitor factori fizici ce trebuie luați în considerare atunci când se efectuează o măsurătoare ( ex: determinarea vitezei sunetului fără a se ține cont de vântul care bate într-o anumită direcție);
- tehnicii greșite de citire a instrumentului de măsură (ex: eroarea de paralaxă, când citirea nu se face în direcția perpendiculară scalei ci sub un anumit unghi.).

Pentru evitarea erorilor sistematice trebuie să ne asigurăm că toate instrumentele sunt calibrate, că experimentatorul știe să citească indicațiile instrumentului fără a face erori și că sunt luați în considerare toți factorii ce pot să influențeze măsurătoarea.

*Erorile instrumentale* apar datorită preciziei limitate a instrumentelor de măsură. Precizia unui instrument depinde de principiile fizice pe baza cărora funcționează și de

cât de bine a fost proiectat și fabricat. De obicei precizia unui instrument este dată de cel mai mic interval de pe scala gradată (ex: un liniar are precizia de 1 mm). De multe ori însă, se consideră că precizia este jumătate din valoarea celui mai mic interval de pe scala gradată, ținându-se cont de capacitatea ochiului de a aprecia dacă măsurătoarea este mai aproape de o gradație sau de alta.

*Erorile statistice* Efectuând mai multe măsurători pentru determinarea aceleiași mărimi fizice se vor obține rezultate apropiate, dar diferite. Diferența statistică dintre rezultate apare datorită multitudinii de perturbații mici și neprevăzute ce pot influența măsurătorile. De multe ori măsurătoarea depinde de experimentator (ex. timp de reacție, acuratețe vizuală, auditivă, etc.). De asemenea temperatura din laborator poate fi diferită de la o măsurătoare sau alta, sau pot să apară curenți de aer, care să influențeze măsurătoarea.

Rezultatul cel mai aproape de adevăr se obține făcând un număr mare de măsurători și apoi făcând media aritmetică a valorilor obținute. Pentru a calcula eroarea ce a fost făcută la fiecare măsurătoare se face diferența dintre media obținută și valoarea fiecărei măsurători (în modul).

Cu cât se fac mai multe măsurători, cu atât experimentul va avea o acuratețe mai mare. Rezultatul final nu trebuie să aibă mai multe zecimale decât precizia instrumentului de măsură.

În cazul măsurătorilor optice erorile sunt generate de erori de reglaj și erori de citire. *Erorile de reglaj* apar datorită faptului că aprecierea clarității imaginii se face diferit de la o citire la alta, ochiul uman fiind un organ adaptabil. *Erorile de citire* sunt determinate de erorile proprii ale dispozitivelor de citire a poziției pieselor optice (girla gradată, disc gradat). În general erorile de reglaj sunt mai mari decât erorile de citire.

În continuare prezentăm un exemplu de calcul de erori, presupunând mărimea fizică **m** afectată de erori.

m	$\bar{m}$	$\Delta m$	$\overline{\Delta m}$	$\frac{\overline{\Delta m}}{\bar{m}}$
49,45	50,40	0,95	0,63	1,25
51,25		0,85		
50,50		0,10		

Să presupunem că valorile măsurate (sau calculate) pentru mărimea fizică  $\mathbf{m}$  sunt  $m_1 = 49,45$ ;  $m_2 = 51,25$  și  $m_3 = 50,50$  (după cum se observă și în tabelul de mai sus).

Valoarea medie  $\overline{\mathbf{m}}$  a mărimii fizice măsurate (sau calculate) se obține cu ajutorul relației:

$$\overline{\mathbf{m}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$$

Eroarea absolută  $\Delta m_i$  se calculează cu relația:

$$\Delta m_i = |\overline{\mathbf{m}} - m_i|$$

unde  $i = 1, 2, 3$ .

Eroarea absolută medie  $\overline{\Delta m}$  se calculează cu relația:

$$\overline{\Delta m} = \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2 + \Delta m_3}{3}$$

Eroarea relativă este:

$$\frac{\overline{\Delta m}}{\overline{\mathbf{m}}} (\%) = \frac{\overline{\Delta m}}{\overline{\mathbf{m}}} \cdot 100$$

*Atragem atenția asupra faptului că acuratețea măsurătorii nu poate fi mărită dacă rezultatul calculelor este cu foarte multe zecimale. Din rezultatul calculului trebuie menținute doar atâtea zecimale câte corespund preciziei măsurătorilor făcute.*