Despre Importanța Laboratorului de Fizică

Richard Feynman (premiu Nobel pentru Fizică în 1965) spune că: *Testul oricărei cunoaşteri este experimentul. Experimentul e singurul judecător al "adevărului" ştiinţific*. The test of all knowledge is experiment. Experiment is the sole judge of scientific "truth".

Din acest motiv laboratorul de fizică este cea mai directă întâlnire a studentului cu FIZICA, dar şi cu cadrul didactic, fiindcă timp de 2 ore cei 15 studenți lucrează împreună cu el. Aşa că studenți profitați şi puneți întrebări fiindcă "*Cine întreabă este prost o clipă, cine nu întreabă este prost pe viață*." (Confucius)

Ca să ai o experiență plăcută legată de laboratorul de fizică trebuie să cunoşti **Lista Lucrărilor de Laborator** pe care le vei efectua, să-ți faci **Rezumatul Lucrării de Laborator** acasă, înainte de laborator şi să execuți lucrarea de laborator conform cerințelor: măsurători, calcule, grafic, calcule finale. Ține seama că laboratorul e o activitate **obligatorie** ce reprezintă 20% din nota ta finală (2 puncte din 10). Aici îți formezi abilitățile de calcul numeric, importante pentru testul final unde anumite întrebări sunt direct legate de laboratoarele făcute.

Ce conține rezumatul lucrării de laborator

Când se prezintă la şedința de laborator este **obligatoriu** ca studentul să aibe deja un rezumat al lucrării de laborator. Lipsa rezumatului se penalizează cu absență în catalog. Rezumatul trebuie să fie **SCURT** şi să răspundă la următoarele întrebări:

1. Ce se măsoară în lucrarea de laborator?
Răspunsul e conținut de cele mai multe ori în desenul aranjamentului experimental.

2. Care este legea verificată în lucrarea de laborator?
O formulă ce apare în partea teoretică sau la prelucrarea datelor experimentale.

3. Care este fenomenul fizic studiat?
Uzual răspunsul este în titlu şi în primele fraze din referat.

4. Cum se explică fenomenul fizic studiat?
Răspunde ca şi cum ai explica cuiva care nu ştie nimic despre fenomen.

Referatul de pe internet pentru lucrarea de laborator are 3 capitole principale:

1. **teoria**: explicații pentru fenomenul fizic studiat;
2. **experimentul**: cum verificăm practic fenomenul fizic;
3. **prelucrarea datelor** experimentale: ce calcule şi grafice trebuiesc efectuate.

Citeşte referatul fără a scrie nimic şi **după aceea** fă-i rezumatul. Rezumatul trebuie să conțină un **set minimal de cerințe**, explicitat mai jos, pentru a fi validat prin trecerea prezenței în catalog.

Rezumatul lucrării de laborator începe cu **TITLUL LUCRĂRII**, scris cu litere mari la un început de pagină, iar sub titlu **NUMELE** şi **grupa** din care face parte studentul.

Rezumatul **trebuie** să conțină:

- **explicațiile** necesare pentru înțelegerea **formulelor** din rezumat (ce reprezintă fiecare mărime, unitățile de măsură),
- **desenul aranjamentului experimental** şi în final
- **tabelul pentru date experimentale**, plasat cât mai sus pe pagină ca să poată fi completat în jos cu câte date experimentale vor fi.

După efectuarea lucrării de laborator: citirea şi apoi prelucrarea datelor experimentale (calcule şi grafice), se prezintă rezultatele pentru verificare şi validare prin trecerea unui "A", lucrare acceptată, lângă prezența din catalog.

Pentru ridicarea graficelor este necesar ca studentul să aibe hârtie milimetrică (A4).

Experimente, Măsurători, Erori

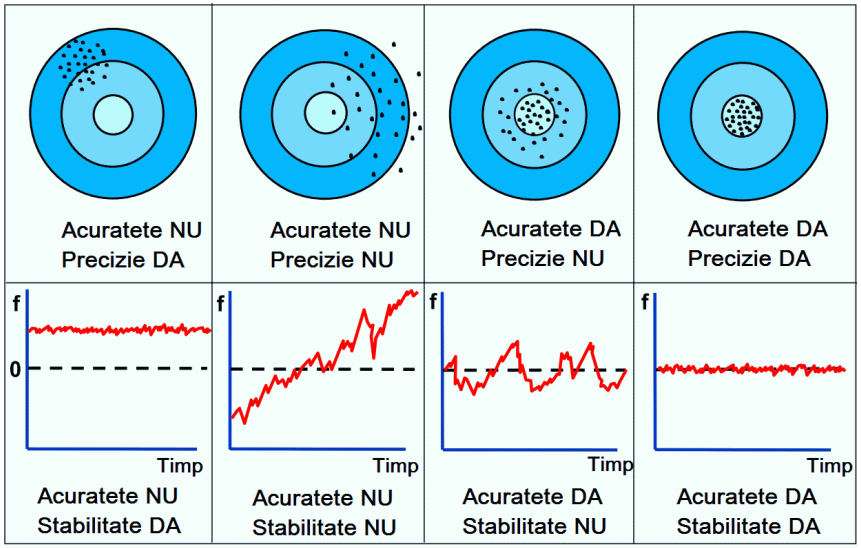
În orice experiment măsurăm ceva şi fiecare măsurătoare implică un anumit grad de incertitudine sau *eroare*. Să precizăm câteva concepte ce apar în ştiinţa experimentală, atunci când măsori ceva.

Acurateţe şi Precizie

Cu toate că în limbajul comun noţiunile de **precizie** şi **acurateţe** sunt similare, în cazul măsurătorilor ele au înţelesuri diferite.

O **măsurătoare precisă** este cea în care *împrăştierea rezultatelor este mică*, adică măsurătorile repetate ale aceleiaşi mărimi se situează aproape una faţă de alta şi faţă de valoarea medie a măsurătorilor. Precizia este legată de **stabilitatea** măsurătorilor, repetabilitatea lor.

Acurateţea măsurătorii e dată de distanţa rezultatelor măsurătorii faţă de valoarea "reală", adevărată a mărimii măsurate. Acurateţea e cuantificată practic de distanţa dintre valoarea medie a măsurătorilor şi valoarea reală a mărimii.



O exemplificare grafică a noţiunilor de **acurateţe**, **precizie** şi **stabilitate**.

Precizia e relativ uşor de apreciat, repetăm măsurătorile şi comparăm rezultatele între ele, acurateţea e mult mai dificil de estimat fiindcă presupune existenţa unor **standarde**, a unor valori cunoscute dinainte ale mărimii de măsurat cu care să putem compara măsurătorile.

Tipurile de erori

Eroarea este cea care cuantifică corectitudinea unei măsurători. **Tipurile de erori** pe care le întâlnim în măsurători sunt:

- **erorile aleatoare** (întâmplătoare, zgomot) influenţează precizia;
- **erorile sistematice** influenţează acurateţea rezultatelor;
- greşeli, erori grosolane.

În măsurătorile pe care le facem vrem să eliminăm greşelile şi pe cât posibil erorile sistematice şi să micşorăm erorile aleatoare, zgomotul.

Prezentarea erorilor poate fi făcută ca:

- *erori absolute* (Δm), diferenţa dintre valoarea măsurată şi cea reală, medie ($m \pm \Delta m$) sau
- *erori relative*, ($\Delta m/m$), raport (uzual procentual) între eroare şi valoarea măsurată ($m \pm \Delta m/m$).

Chiar dacă măsurători repetate ale unei mărimi dau acelaşi rezultat, acest rezultat conţine eroarea datorată **rezoluţiei** (*sensibilităţii*) finite a instrumentului de măsură. **Sensibilitatea** instrumentului de măsură e cea mai mică variaţie a mărimii măsurate pe care o poate detecta (o "vede") instrumentul şi influenţează precizia măsurătorii. Practic asta înseamnă ±1/2 din cea mai mică diviziune de pe scala unui aparat analogic şi ±1 din ultimul digit al unui instrument digital de măsură (de ex. 1.477 V trebuie citit ca 1.477±0.001 V).

Rezoluţia este raportul dintre cea mai mare valoare măsurabilă şi cea mai mică valoare rezolvată ("văzută") de instrument, exprimată de obicei în biţi. Un instrument digital uzual (multimetru) are o rezoluţie de 11 biţi ($2^{11} = 2048$), mai concret de 1 la 1999 (se pierd câteva numărări din arhitectura internă a instrumentului, zgomot, etc.).

Analiza grafică a datelor experimentale

Analiza grafică a datelor experimentale se face după procedura descrisă mai jos.

1. DATELE EXPERIMENTALE: (x_i, y_i) obținute din experiment, conțin o **variabilă independentă** "x" (se impune, de exemplu temperatura) şi o **variabilă dependentă** "y" (se măsoară, de exemplu rezistența electrică).
2. PLOT. Se reprezită grafic datele experimentale: alegi axa Ox (abscisa) = valoarea minimă/maximă a mărimii reprezentate (temperatura) şi unitatea de măsură, de exemplu 1cm =2°C; alegi axa Oy (ordonata) = valoarea minimă/maximă a mărimii reprezentate (rezistența electrică) şi unitatea de măsură, de exemplu 1mm =1 Ohm. E *foarte important* să ştii ce înseamnă ca valoare a mărimii reprezentate cea mai mică diviziune de pe axe pentru a putea pune punctele pe grafic corect şi uşor.
3. IPOTEZA. Ce teorie (model) verificăm => $y = f(x)$ [$R=R_o(1+\alpha t)$] "Funcția f modelează (descrie) felul cum se modifică variabila dependentă y în funcție de variabila independentă x."
   Ai funcția de fitare, ştii parametrii care trebuiesc determinați.
4. FITAREA (potrivirea): trasarea *curbei ce trece cel mai aproape de punctele experimentale*. Matematic e găsirea parametrilor lui $f(x)$ care *minimizează suma pătratelor reziduurilor* => funcția "hi-pătrat" $\chi^2=\sum[y_i - f(x_i)]^2$ (metoda celor mai mici pătrate: Karl Friedrich Gauss 1809, Adrien Marie Legendre 1805). Treaba asta o face un soft ca ORIGIN, EXCEL, etc. Uzual în laborator trasezi o linie dreaptă folosind un liniar plasat în mod corespunzător pe lângă punctele experimentale de pe grafic.
5. CALITATEA FITĂRII (goodness of fit) vezi dacă reziduurile ($y_i - f_i$) ca funcție de x, au o *distribuție aleatoare*, dacă nu, atunci funcția propusă nu cuprinde tot comportamentul mărimii "y" şi trebuie modificată. Această verificare NU se face la laboratoarele de fizică, dar e bine să ştii că există şi trebuie făcută atunci când verifici cât de bine se potriveşte cu realitatea modelul ales!

Matematic, fitarea cu o funcție liniară: $y = f(x) = ax+b$ (a şi b sunt necunoscutele de aflat din grafic) se face minimizând relația:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} (f_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^{N} (ax_i + b - y_i)^2$$

sau dezvoltat:

$$\chi^2 = a^2\sum_{i=1}^{N} x_i^2 + 2ab\sum_{i=1}^{N} x_i - 2a\sum_{i=1}^{N} x_i y_i + Nb^2 - 2b\sum_{i=1}^{N} y_i + \sum_{i=1}^{N} y_i^2$$

unde "N" e numărul de măsurători, de perechi (x_i, y_i). Aici "a" şi "b" sunt necunoscutele, iar sumele sunt de fapt nişte simple numere.

Ca să fie un minim trebuie ca prima derivată (după "a" şi după "b") să se anuleze:

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial a} = 0 = 2a\sum_{i=1}^{N} x_i^2 + 2b\sum_{i=1}^{N} x_i - 2\sum_{i=1}^{N} x_i y_i$$

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial b} = 0 = 2a\sum_{i=1}^{N} x_i + 2Nb - 2\sum_{i=1}^{N} y_i$$

Cele 2 condiții duc la un sistem liniar de 2 ecuații cu 2 necunoscute:

$$a\sum_{i=1}^{N} x_i^2 + b\sum_{i=1}^{N} x_i = \sum_{i=1}^{N} x_i y_i \qquad a\sum_{i=1}^{N} x_i + Nb = \sum_{i=1}^{N} y_i$$

Soluția sistemului este: $a = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2}$ $\qquad b = \bar{y} - a\bar{x}$

unde $\bar{x} = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}$ $\bar{y} = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N}$ sunt valorile medii ale lui "x" şi "y",

şi am folosit identitățile: $\bar{y}\sum_{i=1}^{N} x_i = \bar{x}\sum_{i=1}^{N} y_i = N\bar{x}\cdot\bar{y}$ $\qquad \bar{x}\sum_{i=1}^{N} x_i = N\bar{x}^2$.

Material Ajutător

Alfabetul Grecesc

Alfa	α Α	Eta	η Η	Niu	ν Ν	Tau	τ Τ
Beta	β Β	Teta	θ Θ	Xi	ξ Ξ	Upsilon	υ Υ
Gama	γ Γ	Iota	ι Ι	Omicron	ο Ο	Fi	φ Φ
Delta	δ Δ	Kapa	κ Κ	Pi	π Π	Hi	χ Χ
Epsilon	ε Ε	Lambda	λ Λ	Ro	ρ Ρ	Psi	ψ Ψ
Zeta	ζ Ζ	Miu	μ Μ	Sigma	σ Σ	Omega	ω Ω

Multiplii si submultiplii: Puterile lui zece

SUBMULTIPLII			MULTIPLII		
Putere	**Prefix**	**Simbol**	**Putere**	**Prefix**	**Simbol**
10^{-1}	deci	d	10^{1}	deka	da
10^{-2}	centi	c	10^{2}	hecto	h
10^{-3}	mili	m	10^{3}	kilo	k
10^{-6}	micro	μ	10^{6}	mega	M
10^{-9}	nano	n	10^{9}	giga	G
10^{-12}	pico	p	10^{12}	tera	T
10^{-15}	femto	f	10^{15}	peta	P
10^{-18}	atto	a	10^{18}	exa	E
10^{-21}	zepto	z	10^{21}	zetta	Z
10^{-24}	yocto	y	10^{24}	yotta	Y

Notația Ştiințifică

În calculele din laboratorul de fizică se va folosi notația ştiințifică pentru scrierea numerelor folosite. De exemplu raza Pământului este R= 6'371 km = 6'371'000 m = $6{,}371\cdot10^{6}$ m, iar în calcule vom prefera *notația ştiințifică* R= $6{,}37\cdot10^{6}$ m, ce are o singură cifră (diferită de 0) înainte de virgulă, două cifre după virgulă şi înmulțirea cu 10 la puterea corespunzătoare (ordinul de mărime).

Folosim o scriere cu 3 cifre semnificative (3 digiți) în calcule fiindcă eroarea din măsurătorile făcute este în cel mai bun caz de 1%, adică nu putem deosebi 101 de 99 (100±1). Când din calculele făcute cu calculatorul se obțin multe cifre semnificative trunchiem rezultatul la 3 cifre semnificative. Ultima cifră se va rotunji în sus doar dacă după ea urmează cifre mai mari decât 5, altminteri rămâne ca atare.

Unități de Măsură din Sistemul Internațional (MKS)

Mărimea	**Unitatea**	**Simbol**
Lungimea	metru	m
Masa	kilogram	kg
Timpul	secunda	s
Forța	Newton	N
Energia	Joule	J
Presiunea	Pascal	Pa
Curentul Electric	Ampere	A
Câmpul Magnetic	Tesla	T
Sarcina Electrică	Coulomb	C

Lista Lucrărilor de Laborator

Referatele de laborator le găseşti pe web la:

http://www.phys.utcluj.ro/ click "Bârlea", click pe "Laboratoare" =>
http://www.phys.utcluj.ro/PersonalFile/Cursuri/BarleaCurs.html

Varianta A

1. Despre Activitatea din Laborator	Nr. în lista web
2. Studiul conductivității electrice a metalelor	=> 2
3. Verificarea experimentala a legii radiației termice	=> 4
4. Studiul termistorului (Energia de activare semicond.)	=> 7
5. Efectul termoelectric (Studiul termocuplului)	=> 12
6. Determinarea vâscozității lichidelor cu bila	=> 9
7. Verificări şi Recuperări	

Varianta B

1. Despre Activitatea din Laborator	Nr. în lista web
2. Studiul conductivității electrice a metalelor	=> 2
3. Verificarea experimentală a legii radiației termice	=> 4
4. Studiul termistorului (Energia de activare semicond.)	=> 7
5. Caracteristica curent-tensiune a diodei semiconductoare	=> 14
6. Efectul termoelectric (Studiul termocuplului)	=> 12
7. Verificări şi Recuperări	