



**Center for
Science Education
and Training**

<http://education.inflpr.ro>

Proiect susținut prin programul Parteneri pentru Educație

MISCARI RECTILINII

**Mihaela Garabet
Ion Neacsu**

Liceul Teoretic "Grigore Moisil" Bucuresti

© CSET - 2008

Microsoft | Partners in Learning



Reteaua educationala
Hands-on Science - Romania
Instruire prin experiment

*„Experimentul ar trebui să fie singura
piatră de hotăr a științei.”
Galileo Galilei
1564- 1642*



1. Despre mișcări

Din punct de vedere temporal ne aflăm undeva în secolul al XVI-lea. Știința progresează lent, pe baza operelor scrise în antichitate, când baza experimentală lipsește, iar experimentele în sine erau considerate muncă fizică ce trebuie făcută de către sclavi. În schimb, realitatea apărea a fi tot mai diferită de ideile avansate în scrierile antice.

Mișcarea a fost și este una dintre proprietățile cele mai evidente ale materiei. Cu 350 de ani înainte de Christos, Aristotel gândise existența a două feluri de mișcări:

- mișcări naturale, precum cele ale planetelor și ale corpurilor care cad tinzând spre locul lor natural.
- mișcări violente, precum cele ale corpurilor aruncate pe traiectorie.

În cădere liberă, corpurile se “grăbesc” din ce în ce mai tare atunci când ajung spre locul lor natural, solul. Azi spunem că ele accelerează. Aristotel enunțase legea potrivit căreia viteza corpurilor care cad este proporțională cu greutatea lor. Cu alte cuvinte, în opinia sa, un corp greu ar fi trebuit să cadă cu viteză mai mare decât unul ușor. Despre cauza mișcării, Aristotel o considera ca fiind un impuls care slăbește o dată cu trecerea timpului.

În acest context istoric, apar: filosoful englez Francis Bacon, întemeietorul materialismului englez și fizicianul Galileo Galilei, întemeietorul științei moderne. Cei doi pun bazele metodei științifice și produc astfel o revoluție în știința secolului al XVI-lea.

Revenind la studiul mișcărilor rectilinii, a fost necesar un secol de cercetări pentru a descoperi legile cinematice existente până la ora actuală. Descoperirea cauzei mișcărilor și formularea principiilor dinamicii de către Isaac Newton, a fost un proces la fel de anevoios.

Să pornim investigația noastră de la ideile lui Galilei, cel care a produs o revoluție asupra tainelor mișcării. În primul rând a formulat principiul relativității arătând că un personaj aflat în condiții de izolare pe o corabie nu simte dacă aceasta este în repaus față de apă sau se mișcă rectiliniu și uniform. El poate simți cel mult variații de stare mecanică, adică apariția accelerațiilor. Totodată, un corp aflat în mișcare pe o suprafață plană, orizontală și lipsită de frecare, nu va avea accelerație, mișcându-se cu viteza constantă. Astfel a apărut contradicția cu viziunea aristoteliană asupra mișcării. Galilei a atribuit o importanță majoră schimbării în mișcare și s-a preocupat de efectuarea unor studii asupra corpurilor aflate în cădere liberă. A intuit că accelerația corpurilor aflate în cădere liberă este uniformă. Această ipoteză trebuia însă verificată experimental. Galilei a ales varianta testării relației dintre distanța parcursă de corp în căderea sa liberă și timp. Însă măsurarea timpului pune probleme serioase la acea vreme. Savantul obișnuia să utilizeze ca instrument pentru a măsura timpul, propriul puls sau pendulul gravitațional. Problema monitorizării căderilor libere este durată lor foarte scurtă și greu de măsurat din acest motiv. În prima secundă a unei căderi libere în vid, corpul parcurge 5 m!

Galilei a inventat un procedeu de încetinire a corpului pentru a facilita măsurarea timpului, prin efectuarea unei analogii între cădere liberă și căderea aceluiași corp pe un plan înclinat. Analogia nu făcea decât să modifice ordinul de mărime al timpului, fără a modifica comportamentul accelerației corpului. A urmat construirea unui plan înclinat din lemn, suficient de lung, pe care a lăsat să se rostogolească o bilă din bronz. Galilei a cronometrat diferite distanțe parcurse de bilă pe planul înclinat. Metoda de cronometrare s-a bazat pe scurgerea apei prin orificiul unui vas atâta timp cât dura mișcarea, apoi cântărirea apei scurse.





Cum argumentați utilizarea bilei, aflate în mișcare de rostogolire pe plan înclinat, în acest experiment?



2. Experimentul Galilei utilizând senzorul de mișcare Go!Motion

Ne propunem acum să refacem experimentul lui Galilei de rostogolire a unei mingi pe un plan înclinat pentru a verifica dependența coordonatei mingiei de timp. Vom utiliza tehnologia secolului nostru pentru a înregistra coordonatele și momentele de timp. În continuare veți fi parteneri cu noi (de la distanță!), într-un experiment cu achiziție computerizată de semnale, generate de un senzor specializat în detecția mișcărilor. Senzorul intitulat Go!Motion (figura 2.1), se cuplează cu computerul prin portul USB, are convertorul analog-digital incorporat și lucrează cu software ușor de utilizat. Funcționează pe același principiu cu radarul, emițând și recepționând ultrasunetele reflectate.



Figura 2.1 Montaj experimental

Vom lăsa mingea să se rostogolească pe planul înclinat pornind din fața detectorului. Software-ul afișează valorile pentru poziția, viteza și accelerația corpului aflat în mișcare (figura 2.2).

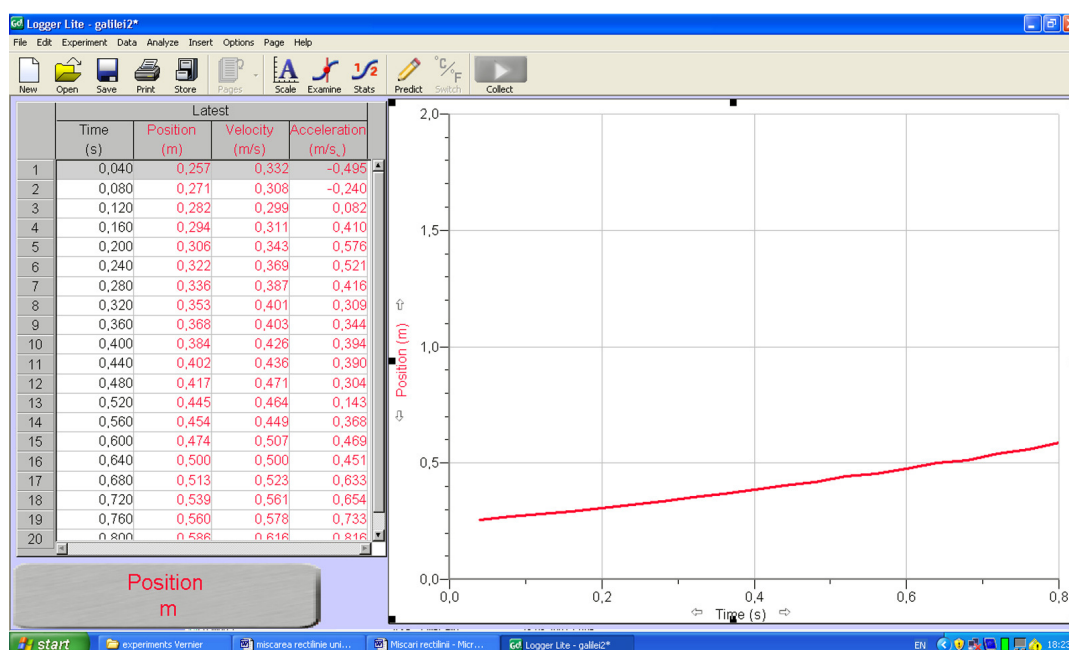


Figura 2.2 Date experimentale obținute

Pentru cei care dispun de acest sistem, reprezentările grafice ale legilor cinematice se fac relativ ușor.



Vă vom pune acum în situația de a prelucra singuri semnalul generat de Go!Motion utilizând Microsoft Excel. Noi am transferat valorile pentru timp, coordonată, viteză și accelerație obținute în acest experiment într-un fișier xls. Accesați acum fișierul [galilei.xls](#) și efectuați următoarele:

- ✓ Reprezentați grafic coordonata x exprimată în m , în funcție de timpul t exprimat în s
- ✓ Reprezentați grafic coordonata x exprimată în m , în funcție de pătratul timpului t^2 exprimat în s^2 . *Comentați rezultatul obținut!*
- ✓ Reprezentați grafic viteza v exprimată în m/s , în funcție de timpul t exprimat în s
- ✓ Reprezentați grafic accelerația a exprimată în m/s^2 , în funcție de timpul t exprimat în s . *Comentați rezultatul obținut!*



Ce concluzie puteți formula referitor la experimentul Galilei?

3. Mișcarea rectilinie uniformă

Un caz particular îl reprezintă mișcarea rectilinie și uniformă. După cum știți mișcarea rectilinie uniformă este mișcarea cu traiectoria o linie dreaptă și cu accelerația nulă.

Legea accelerației: $a = 0$
 Legea vitezei: $v = \text{constant}$
 Legea spațiului: $x = x_0 + v(t - t_0)$

cu cazurile particulare: $t_0 = 0 \Rightarrow x = x_0 + v \cdot t$, $t_0 = 0$ și $x_0 = 0 \Rightarrow x = v \cdot t$



3.1. Studiul clasic al mișcării rectilinii uniforme

Vă propunem un studiu experimental al mișcării rectilinii și uniforme, însoțit de trasarea dependenței coordonatei mobilului ca funcție de timp și calcularea vitezei sale.



Cum putem obține în laborator o mișcare rectilinie și uniformă?

Mobilul care se deplasează rectiliniu și uniform va fi o picătură de cerneală lăsată liberă într-un vas cu ulei comestibil. În acest caz asupra picăturii acționează greutatea G , forța arhimedică F_A și forța de rezistență la înaintarea prin apă F_R (forța Stokes) care este direct proporțională cu viteza. După ce picătura de ulei parcurge câțiva centimetri, putem considera că se atinge un regim de echilibru dinamic, când rezultanta celor trei forțe se poate considera nulă fără a avea eroare de metodă semnificativă. Această mișcare ar putea fi considerată ca fiind rectilinie și uniformă.

Vom utiliza un cilindru gradat în care vom introduce ulei transparent (de floarea-soarelui). Vom trasa cu un marker repere din cm în cm, ca în figura 3.1.1. Vom utiliza o seringă cu ac pentru a forma picături de cerneală la suprafața uleiului. Împingeți ușor picăturile pentru a se desprinde de stratul superficial și a începe să cadă prin ulei. Cronometrați timpul de deplasare a picăturii de ulei din reper în reper.



Pentru aceasta utilizați mai multe cronometre manipulate de diferiți colegi. Fiecare își va alege un anumit reper. Veți porni toți cronometrele când mobilul se află în dreptul reperului cu numărul 0 și fiecare îl va opri atunci când bila ajunge în dreptul reperului său. Înregistrați coordonatele și timpul deplasării bilei, apoi reprezentați grafic dependența de timp a coordonatei și calculați viteza bilei.

În lipsa dispozitivului descris profesorul sau unul dintre elevi poate deveni mobilul care se mișcă cu o viteză cât se poate de constantă pe o dreaptă trasată cu creta pe podea. Cei care cronometrează se așează din metru în metru și aplică procedura descrisă anterior.

Pentru înregistrarea datelor experimentale și prelucrarea lor, vom utiliza un tabel creat cu Microsoft Excel. Tabelul 1 conține un set de date experimentale spre demonstrație.

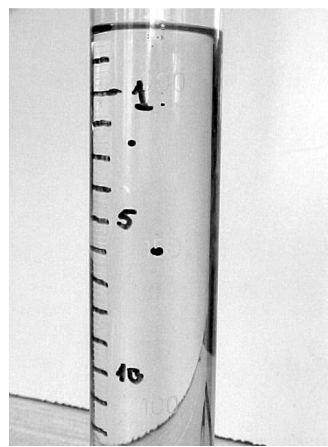


Figura--3.1.1. Dispozitivul experimental

x(cm)	t(s)	v(m/s)	$v_{med}(m/s)$	$\Delta v(m/s)$	$\epsilon_v(\%)$
0	0				
2	1.3	1.54	1.64	0.12	7.94%
4	2.8	1.33		0.05	3.96%
6	3.9	1.82		0.04	2.24%
8	5.3	1.43		0.03	2.06%
10	6.3	2.00		0.03	1.30%
12	7.8	1.33		0.02	1.53%
14	8.6	2.50		0.02	0.78%
16	10.1	1.33		0.02	1.21%
18	11.2	1.82		0.01	0.81%
20	12.9	1.18		0.01	1.05%
22	14	1.82		0.01	0.64%
24	15.3	1.54		0.01	0.69%

Tabelul 1. Date experimentale la Mișcarea rectilinie și uniformă

Prelucrarea datelor experimentale s-a realizat tot cu ajutorul editorului de foi de calcul tabelar Microsoft Excel. Viteza medie a fost calculată cu funcția AVERAGE care a primit ca argumente valorile calculate ale vitezei ca în figura 3.2.

	A	B	C	D	E	F
1	x(cm)	t(s)	v(m/s)	$v_{med}(m/s)$	$\Delta v(m/s)$	$\epsilon_v(\%)$
2	0	0				
3	2	1.3	1.54	1.64	0.12	7.94%
4	4	2.8	1.33		0.05	3.96%

Figura 3.1. 2



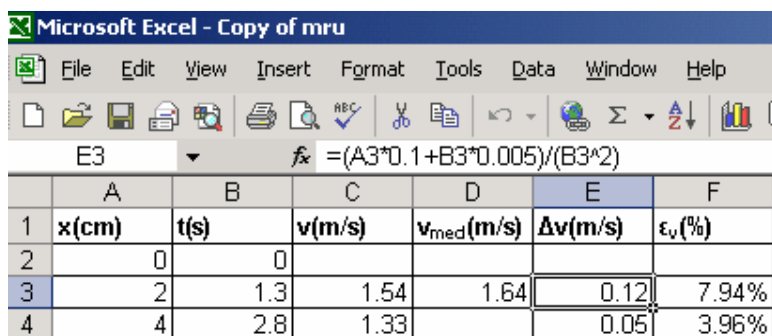
Mișcări rectilinii

6

Pentru calculul erorii absolute am utilizat relația:

$$\Delta v = \pm (\Delta x \cdot \delta t + \Delta t \cdot \delta x) / \Delta t^2$$

unde $\Delta x = x - x_0$, $\Delta t = t - t_0$ și am considerat coordonata inițială $x_0 = 0$ și $t_0 = 0$. Astfel formula transpusă în Excel arată ca în figura 3. Am considerat ca valori pentru erorile relative maxime pentru coordonată $\delta x = 0,005\text{m}$ și pentru timp $\delta t = 0,1\text{s}$, care reprezintă jumătate din diviziunea cea mai mică de pe instrumentul de măsură.



	A	B	C	D	E	F
1	x(cm)	t(s)	v(m/s)	v_med(m/s)	Δv(m/s)	ε_v(%)
2	0	0				
3	2	1.3	1.54	1.64	0.12	7.94%
4	4	2.8	1.33		0.05	3.96%

Figura 3.1.3

Pentru reprezentarea grafică a dependenței coordonatei de timp am utilizat tipul XY Scatter- figura 3.1.4, obținând imaginea din figura 3.1.5.

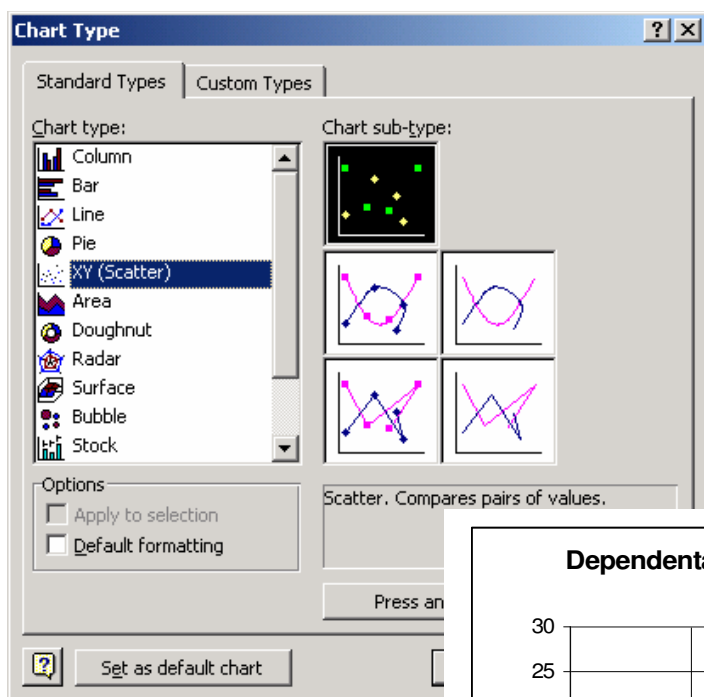


Figura 3.1.4.

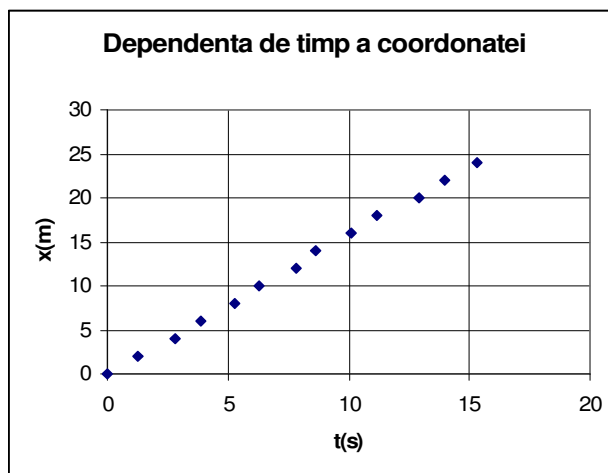


Figura 3.1.5.



Mișcări rectilinii

7

Pentru a trasa tendința liniară am apelat la facilitatea de adăugare a tendinței: clic dreapta pe unul dintre puncte, se deschide meniul evantai din figura 3.6, se alege Add Trendline, se deschide fereastra de dialog din figura 3.7, de unde se alege Linear, OK și rezultă graficul din figura 3.8.

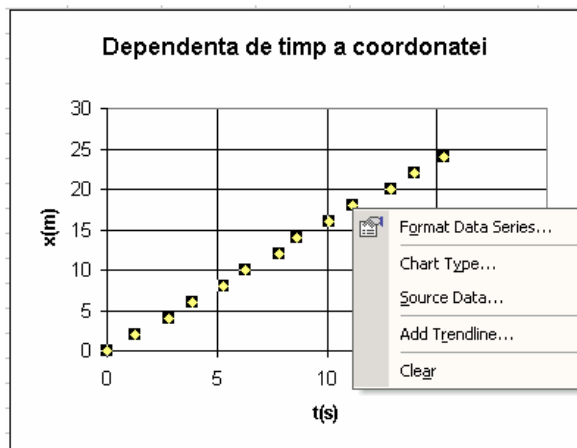


Figura 3.1.6

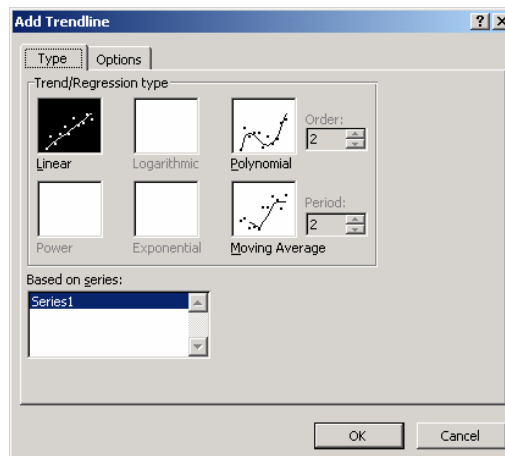


Figura 3.1.7

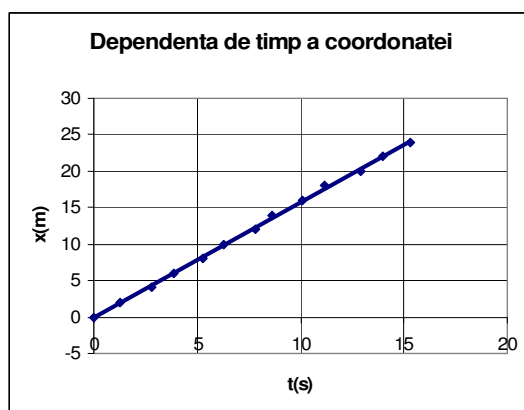


Figura 3.1.8



Discutați sursele de erori și posibilitățile lor de reducere .

Utilizați pe rând două picături de cerneală și reprezentați coordonatele ca serii pe același grafic. Comparați vitezele din cele două situații și observați dispunerea lor.

**În mișcarea rectilinie uniformă coordonata mobilului depinde liniar de timp!
Viteza mobilului este egală cu panta graficului $x=x(t)$**





3.2. Studiul experimental al mișcării rectilinii și uniforme utilizând placa de achiziție National Instruments cu senzori adaptați

Vă prezentăm acum o variantă de studiu experimental cu achiziție de semnale pentru o mișcare rectilinie uniformă. În sistemul real, mobilul este o masinuță care se deplasează într-un circuit de formula 1 (figura 2.1). Senzorii utilizați pentru monitorizarea mișcării mașinuței pe porțiunea rectilinie a traseului sunt niște bobine în care va apare un puls de tensiune în timpul trecerii mobilului echipat cu un magnet puternic, pe sub ele. VI-ul creat utilizând mediul de programare grafică LabVIEW va înregistra valorile tensiunii la bornele bobinelor ca în figura 3.2.2.

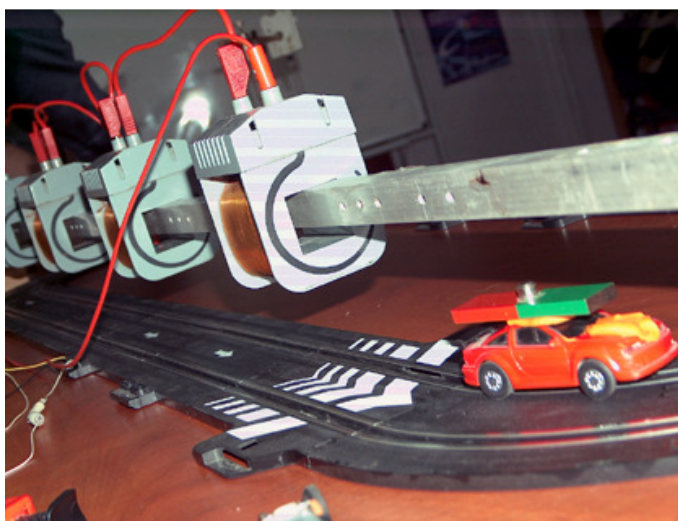


Figura 3.2.1. Dispozitivul experimental

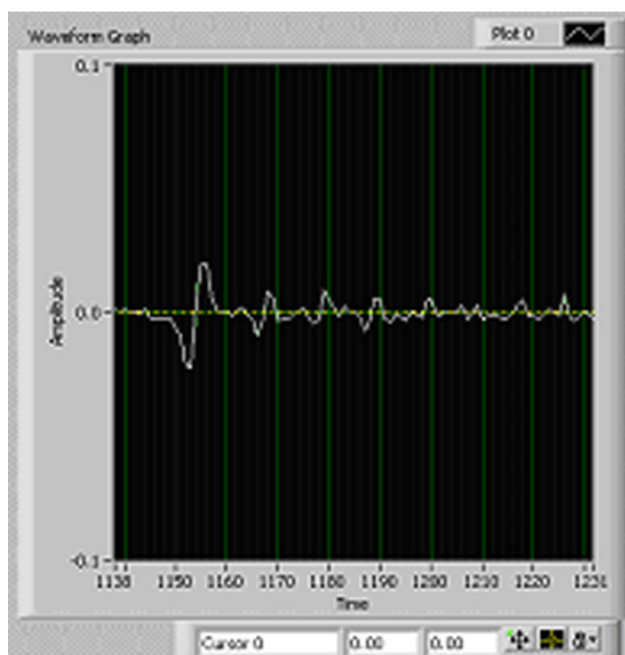


Figura 3.2.2. Semnalul obținut



Același VI va reprezenta grafic coordonata mașinuței (pozițiile bobinelor) ca funcție de timp (momentele de timp în care apar pulsurile de tensiune în bobine), ca în figura 3.2.3.

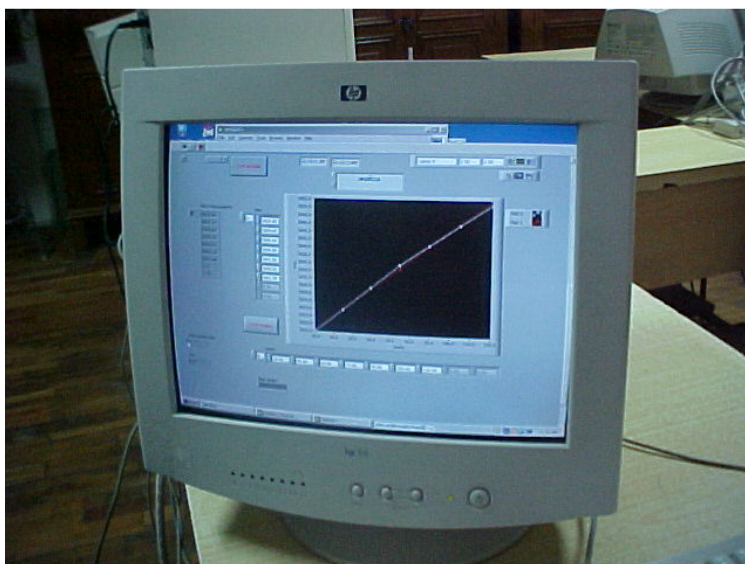


Figura 3.2.3

Noi am transferat valorile pentru timp și coordonată obținute în acest experiment într-un fișier xls. Accesați acum fișierul [mru.xls](#) și efectuați următoarele:

- ✓ Reprezentați grafic coordonata x exprimată în **m**, în funcție de timpul t exprimat în **ms**. *Comentați rezultatul obținut!*
- ✓ Calculați viteza mașinuței!
- ✓ Reprezentați grafic viteza v exprimată în **m/s**, în funcție de timpul t exprimat în **s**. *Comentați rezultatul obținut!*



Vernier
International

4. Studiul experimental al mișcării rectilinii uniform variate utilizând senzorul de mișcare Go!Motion

Vom utiliza în continuare senzorul GoMotion! pentru a monitoriza coborârea liberă, apoi urcarea liberă a unei mașinuțe pe un plan înclinat. Montajul experimental apare în figura 4.1.





Figura 4.1 Dispozitivul experimental

Pentru cei care dispun de acest sistem, realizarea propriu-zisă a experimentului și reprezentările grafice ale legilor cinematice se fac relativ ușor.

Întâi, vom lăsa mașinuța să coboare liber pe planul înclinat. Vă vom pune acum în situația de a prelucra singuri semnalul generat de Go!Motion utilizând Microsoft Excel. Noi am transferat valorile pentru timp, coordonată și viteză obținute în acest experiment într-un fișier xls. Accesați acum fișierul [masinarosie.xls](#) și efectuați următoarele:

- ✓ Reprezentați grafic coordonata x exprimată în **m**, în funcție de timpul t exprimat în **s**. *Comentați rezultatul obținut!*
- ✓ Reprezentați grafic viteza v exprimată în **m/s**, în funcție de timpul t exprimat în **s**. *Comentați rezultatul obținut!*



Ce concluzie puteți formula referitor la coborârea mașinuței pe planul înclinat?

Ulterior, mașinuța va fi lansată în sus pe planul înclinat, deplasându-se spre detectorul aflat în partea superioară a planului înclinat. Veți prelucra singuri semnalul generat de Go!Motion utilizând Microsoft Excel. Noi am transferat valorile pentru timp, coordonată, viteză și accelerație obținute în acest experiment, într-un fișier xls. Accesați acum fișierul [masinarosie2.xls](#) și efectuați următoarele:

- ✓ Reprezentați grafic coordonata x exprimată în **m**, în funcție de timpul t exprimat în **s**. *Comentați rezultatul obținut!*
- ✓ Reprezentați grafic viteza v exprimată în **m/s**, în funcție de timpul t exprimat în **s**. *Comentați rezultatul obținut!*
- ✓ Reprezentați grafic accelerația a exprimată în **m/s²**, în funcție de timpul t exprimat în **s**. *Comentați rezultatul obținut!*



Ce concluzie puteți formula referitor la urcarea mașinuței pe planul înclinat?

Go!Motion este marca înregistrată a companiei Vernier International, SUA.
LabVIEW este marca înregistrată a companiei National Instruments, SUA

