



**Center for
Science Education
and Training**

<http://education.inflpr.ro>

Proiect susținut prin programul Parteneri pentru Educație

OSCILATII MECANICE

**Mihaela Garabet
Ion Neacsu**

Liceul Teoretic "Grigore Moisil" Bucuresti

© CSET - 2008

Microsoft | Partners in Learning



Reteaua educationala
Hands-on Science - Romania
Instruire prin experiment



În secolul al XVI-lea, Galileo Galilei improviza un mijloc de măsurare, deoarece nu dispunea de nimic potrivit: cronometru, cu ajutorul propriului puls, perioada de oscilație a unui candelabru care se balansa în Catedrala din Pisa, sub acțiunea curenților de aer. El descoperea astfel că perioada de oscilație nu depinde de amplitudinea de oscilație dacă aceasta rămâne sub anumite valori.

Perioada se definește ca fiind intervalul de timp necesar efectuării unei oscilații complete:

$$T = \Delta t / N$$

Azi știu că pendulul gravitațional oscilează în condiții de izocronism (amplitudine unghiulară mică) cu perioada:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

unde l este lungimea pendulului, iar g este accelerația gravitațională a locului.

Pendulul gravitațional oferă una dintre cele mai precise și mai ușor de utilizat metode de determinare a accelerației gravitaționale.

Dacă se determină perioada utilizând a doua relație, atunci se poate calcula valoarea lui g din:

$$g = 4\pi^2 l / T^2$$

Vă propunem un studiu experimental al mișcării pendulului gravitațional bifilar, prin metoda clasică, metoda virtuală și metoda achiziției de semnale generate de diferiți senzori în timpul oscilației sale.

1. Studiu clasic



Pentru început procurați un fir inextensibil și netorsionabil și un corp mic și greu, de exemplu o bilă pe care o veți agăța de fir. Legați capetele firului de un suport astfel încât să obțineți un pendul bifilar. Vă mai este necesar și un cronometru și sunteți gata!

Deviați pendulul (figura 1.1) din poziția verticală de echilibru astfel încât să nu aibă amplitudine unghiulară mai mare de $10-15^\circ$. Din punct de vedere strict matematic ar trebui să ne limităm la 5° pentru a fi valabilă aproximația unghiurilor mici, dar extinderea propusă până la 15° nu afectează considerabil rezultatul obținut și ușurează numărarea oscilațiilor complete ale pendulului.

Cronometrați de fiecare dată un număr de 10-20 de oscilații complete.



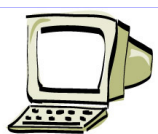
Figura 1.1



Introduceți datele într-un tabel creat cu Microsoft Excel, de forma indicată în continuare, calculați valoarea medie a perioadei pendulului, erorile absolută și relativă înregistrate. Calculați apoi valoarea accelerației gravitaționale a locului unde a oscilat pendulul.

$\Delta t(s)$	N	T(s)	$T_{med}(s)$	$\Delta T(s)$	ϵ_T	$g(m/s^2)$	$g_{med}(m/s^2)$	$\Delta g(m/s^2)$	ϵ_g
10	8	1.25	1.38	0.13	10.04%	12.62	10.42	0.026	0.20%
3	2	1.50		0.12	8.30%	8.76		0.059	0.68%
7	6	1.17		0.21	17.90%	14.49		0.042	0.29%
13	9	1.44		0.07	4.77%	9.45		0.015	0.16%
15	11	1.36		0.01	0.87%	10.60		0.014	0.14%
17	12	1.42		0.04	2.91%	9.83		0.012	0.12%
20	15	1.33		0.04	3.16%	11.09		0.011	0.10%
23	16	1.44		0.06	4.31%	9.54		0.008	0.09%
25	18	1.39		0.01	0.96%	10.22		0.008	0.08%
27	20	1.35		0.03	1.89%	10.82		0.008	0.08%
30	22	1.36		0.01	0.87%	10.60		0.007	0.07%
33	23	1.43		0.06	4.13%	9.58		0.006	0.06%
35	25	1.40		0.02	1.75%	10.06		0.006	0.06%
38	27	1.41		0.03	2.27%	9.96		0.005	0.05%
							$\Delta g(m/s^2)$	0.016	
							$g_{med}=10.42 \pm 0.021 m/s^2$		

Tabelul 1.1 Date experimentale – calculul accelerației gravitaționale în laborator



2. Studiu virtual

Accesați site-ul aflat la adresa: http://www.walter-fendt.de/ph14ro/pendulum_ro.htm

Aici puteți investiga mișcarea oscilatorie a unui pendul gravitațional virtual (figura 2.1). Modificați valorile parametrilor și vizualizați dependențele de timp ale elongației, ale vitezei, ale accelerației, ale forței de revenire a pendulului în poziția de echilibru și respectiv a energiei acestuia! După ce v-ați familiarizat cu mediul virtual, vă lansăm următoarea provocare!



Depinde perioada de oscilație a pendulului gravitațional de valoarea masei corpului suspendat? Dacă depinde, cum arată această dependență?

Nu vă rămâne decât să fixați valorile pentru lungimea firului, amplitudinea unghiulară și accelerația gravitațională și să observați ce se întâmplă cu valorile perioadei de oscilație.

Oscilații mecanice

4

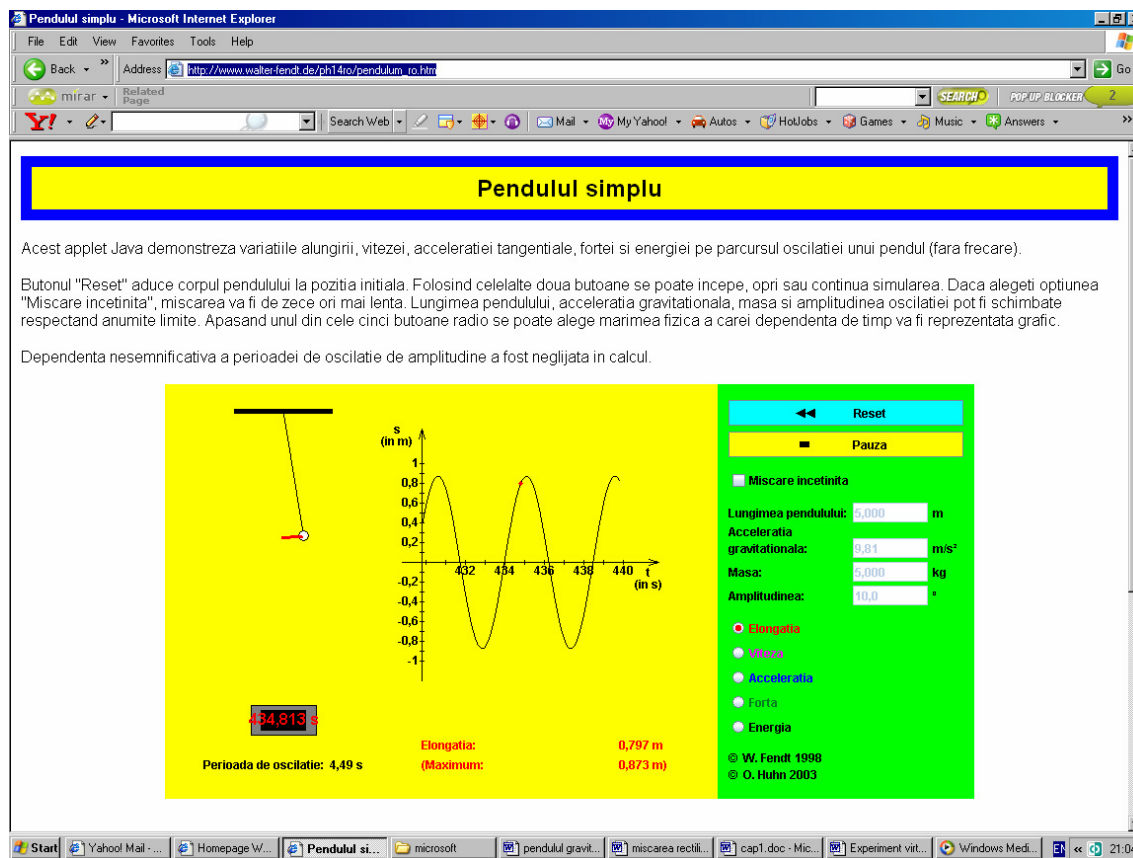


Figura 2.1 Imagine din applet-ul Java



3. Studiul experimental utilizând senzorul de mișcare Go!Motion

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 3.1), se cuplează cu computerul prin portul USB, are convertorul analog-digital încorporat și lucrează cu software ușor de utilizat. Funcționează pe același principiu cu radarul, emițând și recepționând ultrasunetele reflectate.

Am așezat pendulul să oscileze în fața detectorului.

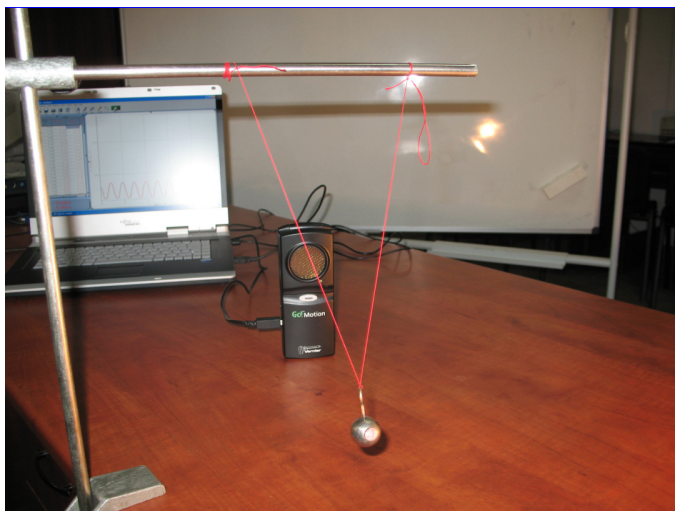


Figura 3.1 Dispozitivul experimental



Reteaua educațională
Hands-on Science - Romania
Instruire prin experiment

Software-ul afișează valorile pentru poziția, viteza și accelerația corpului aflat în mișcare (figura 3.2).

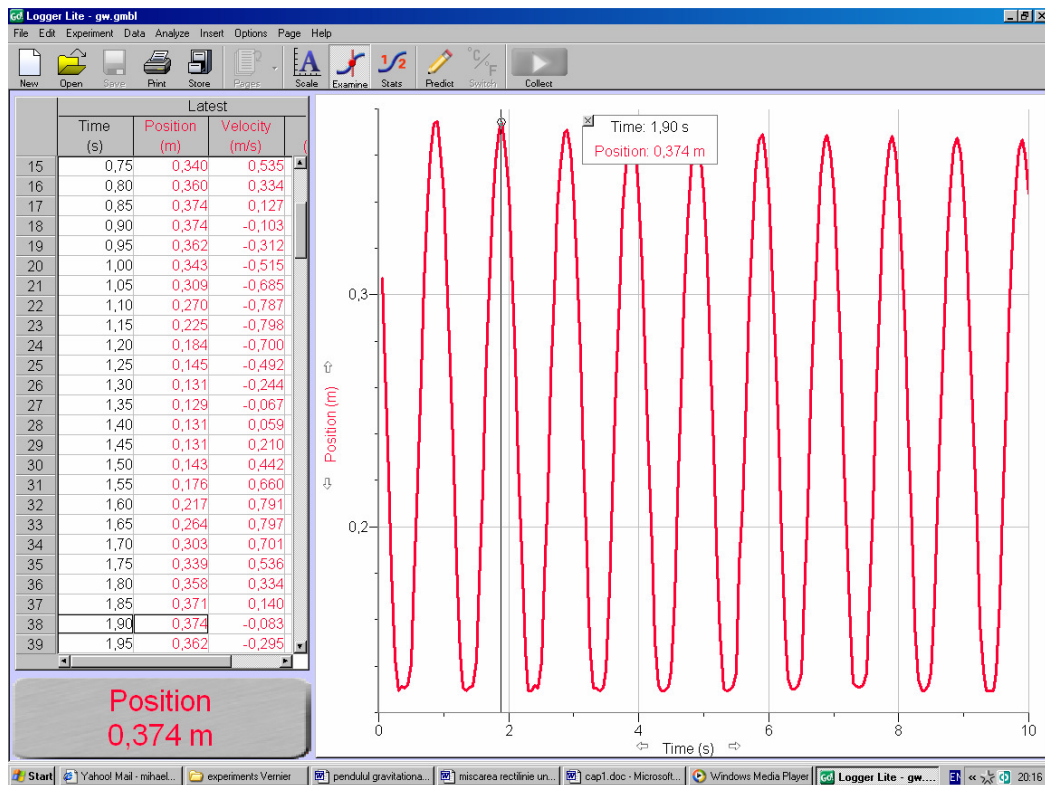


Figura 3.2 Semnalul înregistrat

Pentru cei care dispun de acest sistem, perioada de oscilație se poate determina ușor, cu ajutorul instrumentelor din bara de instrumente. În cazul de față am utilizat un pendul bifilar cu lungimea de 25 cm, am determinat valoarea perioadei sale de oscilație de 1 s, iar un calcul simplu duce la valoarea $9,85 \text{ m/s}^2$ pentru accelerația gravitațională.

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

- ✓ Reprezentați grafic coordonata x exprimată în **m**, în funcție de timpul t exprimat în **s**
- ✓ Determinați din grafic valorile perioadei de oscilație a pendulului utilizat.
- ✓ Introduceți valorile obținute într-un alt tabel, creat în același registru de foi de calcul
- ✓ Utilizați formula de calcul a accelerației gravitaționale pentru a automatiza calculul valorilor sale, pornind de la valorile perioadei de oscilație a pendulului
- ✓ Calculați apoi valoarea medie a accelerației gravitaționale a locului unde a oscilat pendulul.



Ați obținut aceeași valoare pe care am avansat-o noi?





4. Studiul experimental utilizând placa de achiziție National Instruments cu senzori adaptați

Vă prezentăm acum o variantă experimentală în care utilizăm o placă de achiziție National Instruments NIDAQ – 6013 la care am cuplat senzori adaptați pentru achiziția de semnale în timpul mișcării oscilatorii a pendulului gravitațional.

În primă instanță senzorul este o bobină având ordinul de mărime al inductanței de 100 mH, deasupra căreia va oscila magnetul bară fixat la capătul pendulului bifilar (figura 4.1). Când magnetul se află în mișcare în zona bobinei, în spirele acesteia apare un curent electric indus care își schimbă periodic sensul. Semnalul achiziționat de la bornele bobinei arată ca în figura 4.2.

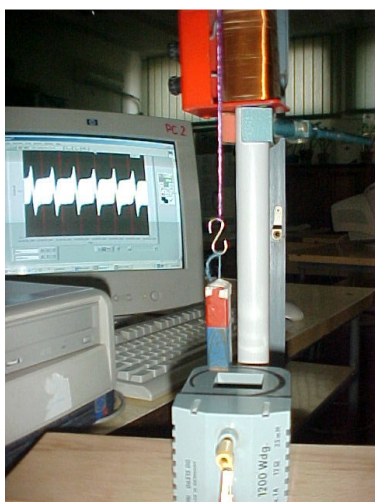


Figura 4.1



Figura 4.2

Dacă utilizăm ca senzor o fotodiodă în fața căreia se centrează un bec (poartă de la vechile cronometre electronice ca în figura 4.3), atunci când pendulul oscilează obturează fotodioda, iar tensiunea de la bornele sale scade periodic la fiecare oscilație. Semnalul achiziționat de la fotodiodă arată ca în figura 4.4.



Figura 4.3

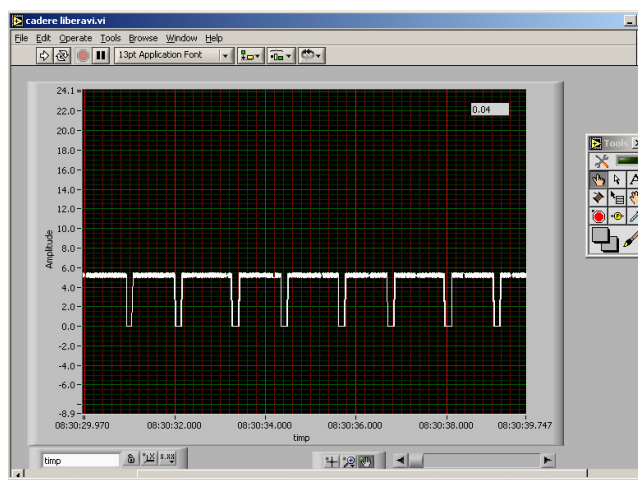


Figura 4.4



Cum funcționează un Photogate (sau poartă de la cronometrele electronice, pentru cunoscători!)?

În oricare dintre versiuni, emițătorul și receptorul de radiație (infraroșie sau vizibilă), sunt așezate astfel încât fasciculul emis care este subțire, să fie normal incident pe suprafața receptorului. În momentul când emițătorul este obturat de către bila pendulului, semnalul înregistrat la bornele receptorului are amplitudinea de 5 V. Când obturația dispăre, valoarea amplitudinii devine 0 V. Acest semnal digital (cu valoarea 0 sau 5 V) va fi înregistrat de către placa de achiziție.

În timpul unei oscilații complete, adică al unei perioade, trebuie să apară două treceri prin poartă, deci două obturații succesive, adică două valori succesive de 5V.

În ambele cazuri, VI-ul scris în mediul de programare grafică LabVIEW, determină perioada de oscilație a pendulului, de unde, mai departe, va determina valoarea accelerației gravitaționale.

Pendulul bifilar cu lungimea de 25 cm este acum monitorizat cu un Photogate asemănător celui din versiunea anterioară, dar care conține un emițător și un receptor de radiație infraroșie. Procedura de determinare a perioadei de oscilație este și ea de aceeași factură cu cea din exemplul anterior: un VI creat special în LabVIEW. Puteți vedea cum arată acest instrument virtual în figura 4.6.

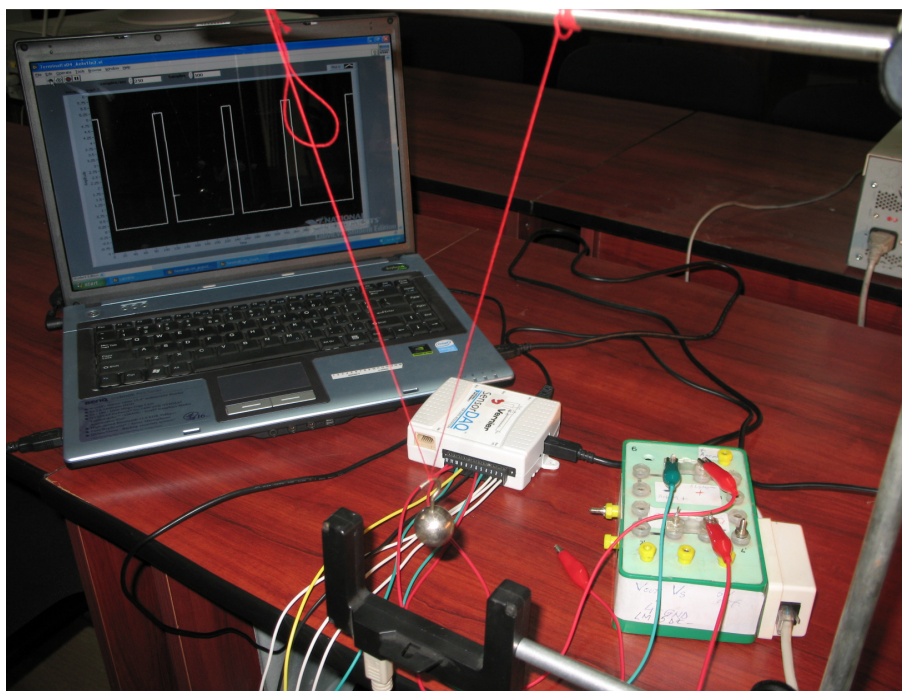


Figura 4.5 Dispozitivul experimental



Valoarea determinată de către VI a perioadei de oscilație este de 1,008 s.

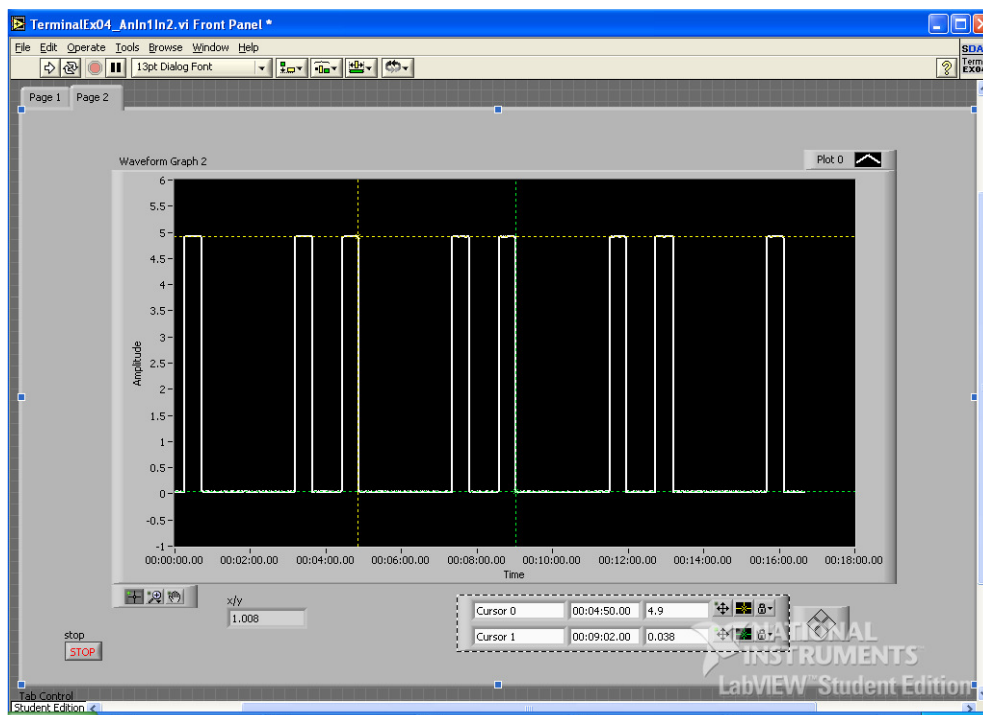


Figura 4.6 Semnalul obținut la receptorul de radiație infraroșie în timpul oscilației

Vă vom pune acum în situația de a prelucra singuri semnalul generat de sistemul de achiziție descris, utilizând Microsoft Excel. Noi am transferat semnalul generat astfel într-un fișier xls utilizând facilitățile mediului de programare grafică LabVIEW. Accesați acum fișierul [pendulgravitatonal1.xls](#) și efectuați următoarele operații:

- ✓ Reprezentați grafic amplitudinea semnalului exprimată în V , în funcție de timpul t exprimat în s . Utilizați tipul de grafic XY Scatter!
- ✓ Determinați din grafic valorile perioadei de oscilație a pendulului utilizat.
- ✓ Introduceți valorile obținute într-un alt tabel, creat în același registru de foi de calcul
- ✓ Utilizați formula de calcul a accelerației gravitaționale pentru a automatiza calculul valorilor sale, pornind de la valorile perioadei de oscilație a pendulului
- ✓ Calculați apoi valoarea medie a accelerației gravitaționale a alocului unde a oscilat pendulul.



Ați obținut aceeași valoare din experimentul anterior pentru accelerația gravitațională?

Go!Motion este marca înregistrată a companiei Vernier International, SUA

LabVIEW și NIDAQ – 6013 sunt marci înregistrate ale companiei National Instruments, SUA.